



JFW

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of

Inventors: Hiroshi SHIBATA, et al. Art Unit: Unassigned

Application No.: 10/849,257

Filed: May 20, 2004

For: FORM VARIABLE MIRROR ELEMENT AND METHOD FOR  
PRODUCING FORM VARIABLE MIRROR ELEMENT AND FORM  
VARIABLE MIRROR UNIT AND OPTICAL PICK-UP

CLAIM FOR PRIORITY

Assistant Commissioner of Patents  
Washington, D.C. 20231

Dear Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following foreign country is hereby requested for the above-identified application and the priority provided in 35 USC 119 is hereby claimed:

Japanese Appln. No. 2003-143027, filed May 21, 2003.

In support of this claim, a certified copy of said original foreign application is filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the requirements of 35 USC 119 have been fulfilled and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of this document.

Respectfully submitted,

James E. Ledbetter  
Registration No. 28,732

Date: July 30, 2004  
JEL/mat

ATTORNEY DOCKET NO. L8612.04121  
STEVENS, DAVIS, MILLER & MOSHER, L.L.P.  
1615 L Street, NW, Suite 850  
Washington, DC 20043-4387  
Telephone: (202) 785-0100  
Facsimile: (202) 408-5200

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

10,849,257

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application:

2003年 5月21日

出願番号  
Application Number:

特願2003-143027

[ST. 10/C]:

[JP2003-143027]

願人  
Applicant(s):

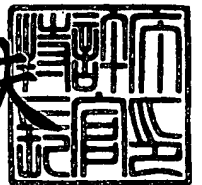
松下電器産業株式会社

BEST AVAILABLE COPY

2004年 4月 1日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2004-302701

【書類名】 特許願

【整理番号】 2913050175

【提出日】 平成15年 5月21日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 7/135  
G11B 7/095

【発明者】

【住所又は居所】 福岡市博多区美野島 4 丁目 1 番 6 2 号 パナソニック  
コミュニケーションズ株式会社内

【氏名】 柴田 寛

【発明者】

【住所又は居所】 福岡市博多区美野島 4 丁目 1 番 6 2 号 パナソニック  
コミュニケーションズ株式会社内

【氏名】 堀之内 昇吾

【発明者】

【住所又は居所】 福岡市博多区美野島 4 丁目 1 番 6 2 号 パナソニック  
コミュニケーションズ株式会社内

【氏名】 松原 正吾

【特許出願人】

【識別番号】 000005821

【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100097445

【弁理士】

【氏名又は名称】 岩橋 文雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100103355

【弁理士】

【氏名又は名称】 坂口 智康

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100109667

## 【弁理士】

【氏名又は名称】 内藤 浩樹

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011305

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9809938

**【書類名】 明細書**

**【発明の名称】** 形状可変ミラー素子及び形状可変ミラー素子の製造方法並びに形状可変ミラーユニット並びに光ピックアップ

**【特許請求の範囲】**

**【請求項 1】** 圧電膜と、前記圧電膜に電圧を供給する第 1 電極膜及び第 2 電極膜と、前記圧電膜に設けられた反射ミラー膜とを備えた形状可変部と、前記形状可変部を支持する基板とを備えた形状可変ミラー素子であって、形状可変部に弾性を付与する弾性手段を設けたことを特徴とする形状可変ミラー素子。

**【請求項 2】** 圧電膜の一方の面に第 1 電極膜を設け、他方の面に第 2 電極膜を設けたことを特徴とする請求項 1 記載の形状可変ミラー素子。

**【請求項 3】** 弾性手段として、反射ミラー膜、第 1 電極膜、第 2 電極膜、基板の少なくとも一つに弾性を持たせたことを特徴とする請求項 1 記載の形状可変ミラー素子。

**【請求項 4】** 弾性手段として、別途弾性板膜を設け、前記弾性板膜を基板と反射ミラー膜の間に設けたことを特徴とする請求項 1 記載の形状可変ミラー素子。

**【請求項 5】** 基板において形状可変部を支持する面積は基板面積よりも小さいことを特徴とする請求項 1 記載の形状可変ミラー素子。

**【請求項 6】** 形状可変部に設けられた反射ミラー膜は基板上まで延設され、しかも前記形状可変部に設けられた反射ミラー膜と前記形状可変部を非配設とした部分に設けられた反射ミラー膜は一体構成としたことを特徴とする請求項 5 記載の形状可変ミラー素子。

**【請求項 7】** 形状可変部の外形形状は、円形、楕円形、四角形、多角形、三角形から選ばれる少なくとも一つであることを特徴とする請求項 1 記載の形状可変ミラー素子。

**【請求項 8】** 一つの基板上に形状可変部を複数設けたことを特徴とする請求項 1 記載の形状可変ミラー素子。

**【請求項 9】** 前記弾性板膜が樹脂からなり、前記樹脂のヤング率が前記圧電膜のヤング率の  $1/100 \sim 1/10$  であることを特徴とする請求項 4 記載の形状可変ミラー素子。

【請求項 10】前記形状可変部が、薄い基板の中空部分の開口部に形成されたダイヤフラム構成を有することを特徴とする請求項 1 記載の形状可変ミラー素子。

【請求項 11】前記形状可変部を構成する膜の内部応力の総和が圧縮もしくは引張り応力状態であって、内部応力による前記形状可変部の変形量が P V 値で使用する光の波長の  $1/4$  以下であることを特徴とする請求項 10 記載の形状可変ミラー素子。

【請求項 12】形状可変部中に弾性手段として弾性板膜を設け、前記弾性板膜の膜厚が領域によって異なることを特徴とする請求項 11 記載の形状可変ミラー素子。

【請求項 13】前記形状可変部にある前記圧電膜の膜厚が領域によって異なることを特徴とする請求項 11 記載の形状可変ミラー素子。

【請求項 14】請求項 1～13 いずれか 1 記載の形状可変ミラー素子と、前記形状可変ミラー素子自体を移動させるアクチュエーターとを一体化したことを特徴とする形状可変ミラーユニット。

【請求項 15】圧電膜と第 1 電極膜または第 2 電極膜が形成された薄い基板と、樹脂を含む基板と、を接着する工程と、前記薄い基板をエッチングする工程とを有することを特徴とする形状可変ミラー素子の製造方法。

【請求項 16】薄い基板をエッチングしダイヤフラムを形成するダイヤフラム形成工程と、前記ダイヤフラム形成工程後に反射ミラー膜を形成する反射ミラー膜形成工程とを有することを特徴とする形状可変ミラー素子の製造方法。

【請求項 17】薄い基板をエッチングしダイヤフラムを形成するダイヤフラム形成工程が 2 段階のエッチング工程を有し、前記薄い基板の厚みの半分以上をエッチングする第 1 の工程と、残りの厚み部分をエッチングする第 2 の工程とを有することを特徴とする形状可変ミラー素子の製造方法。

【請求項 18】光ディスクにデータを記録または再生する装置であって、レーザー光の波面収差を補正する手段を有する光ピックアップにおいて、請求項 1～13 記載の形状可変ミラー素子もしくは請求項 14 記載の形状可変ミラーユニットとの少なくとも一方を搭載させたことを特徴とする光ピックアップ。

【請求校 19】 請求項 1～13 記載の形状可変ミラー素子もしくは請求項 14 記載の形状可変ミラーユニットとの少なくとも一方を波面収差補正手段として使用することを特徴とする請求項 1 記載の光ピックアップ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、圧電膜に所定の電圧を印加して反射ミラー面の形状を可変する形状可変ミラー素子及び形状可変ミラー素子の製造方法並びに形状可変ミラーユニット並びに光ピックアップに関する。

【0002】

【従来の技術】

従来の形状可変ミラー素子としては、鏡面をケーブルで引張り、引張り量を変えることによって鏡面形状を変えることができるミラー素子（例えば、特許文献 1 参照。）や、弾性のある鏡面を裏面から押さえ、凹面、凸面、平面に変形可能なミラー素子（例えば、特許文献 2 参照。）などが開示されている。しかし、これらの形状可変ミラーは、いずれも、機械的変形機構によってミラー本体の形状を変形するものであり、構成が複雑であり、極めて大きいサイズの光学部品となっている。

【0003】

また、小さいサイズの形状可変ミラー素子としては、セラミックスの圧電材料の上面に、反射ミラー面および電極膜にはリード線が半田付けされたミラー素子（例えば、特許文献 3 参照。）が開示されている。しかし、この形状可変ミラー素子は、圧電材料にバルク材料を使用しているために、圧電材料の厚みが非常に厚くなっている。その結果、形状を大きく可変するためには非常に高い印加電圧が必要となる。

【0004】

更なる微小サイズの形状可変ミラー素子としては、圧電膜を反射ミラー板に貼り付けたミラー素子（例えば、特許文献 4 参照。）が開示されている。反射ミラー板には、例えばガラス反射鏡、反射膜、シリコンウェハー等を使用している。

このミラー素子の場合も非常に高い印加電圧が必要であることが容易に推察される。すなわち、非常に薄いガラス反射鏡やシリコンウェハー等は研削や高精度の研磨が作製されるが、製造上のコストが大きくなり実現性が困難である。また、圧電膜と反射ミラー板を接着しただけの構成のミラー素子では機械的強度が弱く、それ自体で自立することができず、実用上に適さない。従って、反射鏡、反射膜、シリコンウェハー等を実用上、反射ミラーとして使用する場合は、ある程度の厚みを要する。

#### 【0005】

微小サイズの形状可変ミラー素子の用途としては、一般に光ディスクを用いた情報記録媒体として、コンパクト・ディスク（CD）やデジタル・ビデオ・ディスク（DVD）などの光記録再生装置用の光ピックアップがある。DVDはCDに比べて記録密度が高いため、情報を読み書きする際に要求される条件が厳しい。例えば、光ピックアップの光軸とディスク面は垂直であることが理想であるが、実際には、ディスクは樹脂で作られているため、厳密に見ると相当な曲面となっている。従って、ディスクが回転すると、光ピックアップの光軸とディスク面は、常に垂直ではなくなる。また、光ディスクの記録層は樹脂層の上面に形成されている。そのため、ディスク面が対物レンズの光軸に対して垂直でなくなると、対物レンズを透過した光の光路が曲がり、光のスポット位置が正しい位置からずれて波面収差を生じる。そして、この収差が許容値を超えると、正しく記録再生できなくなる。

#### 【0006】

波面収差を光学的に補正する手段としては、透明圧電素子単体の厚みを可変することより、波面収差を補正する波面補正板（例えば、特許文献5参照。）が開示されている。しかし、この方法は必要変位を得るのに高電圧が必要となるので、光ピックアップなどに適用できないものである。他の波面収差を光学的に補正する手段としては、ミラー自体を積層型圧電素子で変形させ位相制御する方法（例えば、特許文献6参照。）が開示されているが、光ピックアップなどの小さい部品に使用するには配線が複雑になるという問題があり、組み付けコストも高くなる。また、配線の問題が解決できたとしても、積層型圧電素子をかなり小さ



くする必要があるため、技術的にもコスト的にも容易でない。

**【 0 0 0 7 】**

**【特許文献 1】**

特開平 5 - 1 2 7 0 6 7 号公報

**【特許文献 2】**

特開平 7 - 3 1 1 3 0 5 号公報

**【特許文献 3】**

特開平 1 0 - 1 0 4 5 9 号公報

**【特許文献 4】**

特開 2 0 0 1 - 3 4 9 9 3 号公報

**【特許文献 5】**

特開平 5 - 1 4 4 0 5 6 号公報

**【特許文献 6】**

特開平 5 - 3 3 3 2 7 4 号公報

**【 0 0 0 8 】**

**【発明が解決しようとする課題】**

本発明は、上記した従来の圧電素子を使用した形状可変ミラー素子の課題を解決するものである。すなわち、本発明の第 1 の目的は、簡単な構成で極めて薄く、低い印加電圧でも変形量が大きい形状可変ミラー素子及び形状可変ミラーユニットの提供することにある。

**【 0 0 0 9 】**

本発明の第 2 の目的は、形状可変ミラー素子の製造方法を提供することにある。

**【 0 0 1 0 】**

本発明の第 3 の目的は、従来の光ピックアップの構造を大きく変更することなく、波面収差補正手段を搭載した光ピックアップを提供することにある。

**【 0 0 1 1 】**

**【課題を解決するための手段】**

上記課題を解決するために、本発明の形状可変ミラー素子は、薄い基板と薄膜

形成技術で膜を積層した構成よりなる。この構成により、簡単な構成で極めて薄く、低い印加電圧でも変形量の大きい形状可変ミラー素子及び形状可変ミラーユニットを提供することが可能となる。

#### 【0012】

また、本発明の形状可変ミラー素子の製造方法は、形状可変部下に薄い基板を接合することのない工程を備えた構成よりなる。この構成により、低い印加電圧でも変形量の大きい形状可変ミラー素子の製造方法を提供することが可能となる。それと同時に基板面が転写され鏡面状態になっている電極膜面上反射ミラー膜を形成できるので、反射率の高い形状可変ミラー素子を提供することが可能となる。

#### 【0013】

また、本発明の光ピックアップは、形状可変ミラー素子もしくは形状可変ミラーユニットを波面収差補正手段として使用した構成よりなる。この構成により、光学系の構成を大きく変更することなく、波面収差補正手段を搭載した光ピックアップを提供することが可能となる。

#### 【0014】

##### 【発明の実施の形態】

請求項1記載の発明は、圧電膜と、前記圧電膜に電圧を供給する第1電極膜及び第2電極膜と、前記圧電膜に設けられた反射ミラー膜とを備えた形状可変部と、前記形状可変部を支持する基板とを備えた形状可変ミラー素子であって、形状可変部に弾性を付与する弾性手段を設けたことを特徴とする形状可変ミラー素子であり、薄い基板と薄膜形成技術で膜を積層した構成とすることにより、簡単な構成で極めて薄い形状可変ミラー素子が可能となり、低い印加電圧でも変形量が大きくできるという作用を有する。

#### 【0015】

請求項2記載の発明は、圧電膜の一方の面に第1電極膜を設け、他方の面に第2電極膜を設けたことを特徴とする請求項1記載の形状可変ミラー素子であり、圧電膜に確実に、電圧を印可でき圧電膜を効率よく変形することが可能となる。

#### 【0016】

請求項3記載の発明は、弾性手段として、反射ミラー膜、第1電極膜、第2電極膜、基板の少なくとも一つに弾性を持たせたことを特徴とする請求項1記載の形状可変ミラー素子であり、別途弾性を付与する部材などを設けなくても良いので、素子自体が簡単な構造になり、線賛成が向上する。

#### 【0017】

請求項4記載の発明は、弾性手段として、別途弾性板膜を設け、前記弾性板膜を基板と反射ミラー膜の間に設けたことを特徴とする請求項1記載の形状可変ミラー素子とすることで、弾性を専門に付与する部材を設けたことで、弾性の調整が容易になり、精度良い特性を得ることができる。

#### 【0018】

請求項5記載の発明は、基板において形状可変部を支持する面積は基板面積よりも小さいことを特徴とする請求項1記載の形状可変ミラー素子であり、この構成によって、他の部材への取り付け面積などが大きくなり、取り付け強度などを大きくできる。

#### 【0019】

請求項6記載の発明は、形状可変部に設けられた反射ミラー膜は基板上まで延設され、しかも前記形状可変部に設けられた反射ミラー膜と前記形状可変部を非配設とした部分に設けられた反射ミラー膜は一体構成としたことを特徴とする請求項5記載の形状可変ミラー素子であり、基板全面に反射ミラー膜を設ける工程とすることができるので、生産性が飛躍的に向上する。

#### 【0020】

請求項7記載の発明は、形状可変部の外形形状は、円形、楕円形、四角形、多角形、三角形から選ばれる少なくとも一つであることを特徴とする請求項1記載の形状可変ミラー素子であり、形状可変部を精度良く形成できる。

#### 【0021】

請求項8記載の発明は、一つの基板上に形状可変部を複数設けたことを特徴とする請求項1記載の形状可変ミラー素子であり、素子に入射する複数の独立した光をそれぞれ、個別に調整でき、また、入射した一つの光を部分的に調整可能とすることができる。

## 【0022】

請求項 9 記載の発明は、前記弾性板膜が樹脂からなり、前記樹脂のヤング率が前記圧電膜のヤング率の  $1/100 \sim 1/10$  であることを特徴とする請求項 4 記載の形状可変ミラー素子であり、弾性板膜材料のヤング率が圧電膜に比べて十分小さいので、弾性板膜の膜厚を圧電体膜よりも厚くしても、変形量が大きくできるという作用を有する。

## 【0023】

請求項 10 記載の発明は、前記形状可変部が、薄い基板の中空部分の開口部に形成されたダイヤフラム構成を有することを特徴とする請求項 1 記載の形状可変ミラー素子であり、形状可変部をダイヤフラム構成とすることにより、形状可変部の変形を拘束する基板が形状可変部下に存在しないので、低い印加電圧でも変形量を極めて大きくできるという作用を有する。

## 【0024】

請求項 11 記載の発明は、前記形状可変部を構成する膜の内部応力の総和が圧縮もしくは引張り応力状態であって、内部応力による前記形状可変部の変形量が P V 値で使用する光の波長の  $1/4$  以下であることを特徴とする請求項 10 記載の形状可変ミラー素子であり、予め、形状可変部を構成する膜の内部応力をコントロールし、内部応力による形状可変部の変形量が P V 値で使用する波長の  $1/4$  以下とすることで、反射ミラー面が光学的に理想的な平滑面にできるという作用を有する。

## 【0025】

請求項 12 記載の発明は、形状可変部中に弾性手段として弾性板膜を設け、前記弾性板膜の膜厚が領域によって異なることを特徴とする請求項 11 記載の形状可変ミラー素子であり、予め、弾性板膜の膜厚を領域によって不均一にすることにより、形状可変部の変形形状を所望の形状、例えば常に安定な曲率の変形形状が実現できるという作用を有する。

## 【0026】

請求項 13 記載の発明は、前記形状可変部にある前記圧電膜の膜厚が領域によって異なることを特徴とする請求項 11 記載の形状可変ミラー素子であり、予め

、圧電膜の膜厚を領域によって不均一にすることにより、形状可変部の変形状を所望の形状、例えば常に安定な曲率の変形状が実現できるという作用を有する。

#### 【0027】

請求項14記載の発明は、請求項1～13いずれか1記載の形状可変ミラー素子と前記形状可変ミラー素子自体を移動させるアクチュエーターとを一体化したことを特徴とする形状可変ミラーユニットであり、形状可変ミラー素子をアクチュエーターにより微小に移動させることにより、光ピックアップ等の光学系に組み付けた場合、組み付けバラツキをアクチュエーターで容易に補正できるという作用を有する。

#### 【0028】

請求項15記載の発明は、圧電膜と第1電極膜または第2電極膜が形成された薄い基板と、樹脂を含む基板と、を接着する工程と、前記薄い基板をエッチングする工程とを有することを特徴とする形状可変ミラー素子の製造方法であり、形状可変部を樹脂を含む基板に転写し形成することにより、形状可変部が直接薄い基板に拘束されることがないので、低い印加電圧でも変形量の大きい形状可変ミラー素子の製造方法を提供することが可能となる。それと同時に、反射ミラー膜を基板面が転写され鏡面状態になっている電極膜面上に形成するので、反射率の高い形状可変ミラー素子を提供することが可能となる。

#### 【0029】

請求項16記載の発明は、薄い基板をエッチングしダイヤフラムを形成するダイヤフラム形成工程と、前記ダイヤフラム形成工程後に反射ミラー膜を形成する反射ミラー膜形成工程とを有することを特徴とする形状可変ミラー素子の製造方法であり、接合・転写等とは異なる製造方法であり、基板上に直接ダイヤフラムを形成することにより、製造工程が簡素化され歩留まりの高い形状可変ミラー素子が製造できるという作用を有する。それと同時に、反射ミラー膜を基板面が転写され鏡面状態になっている電極膜面上に形成することもできるので、反射率の高い形状可変ミラー素子を提供することが可能となる。

#### 【0030】

請求項 17 記載の発明は、薄い基板をエッチングしダイヤフラムを形成するダイヤフラム形成工程が 2 段階のエッチング工程を有し、前記薄い基板の厚みの半分以上をエッチングする第 1 の工程と、残りの厚み部分をエッチングする第 2 の工程とを有することを特徴とする形状可変ミラー素子の製造方法であり、第 2 の工程では薄い部分をエッチングすることによりダイヤフラムを形成することになるので、エッチング形状のバラツキを小さくでき寸法精度が優れたダイヤフラムを形成できるという作用を有する。

#### 【0031】

請求項 18, 19 記載の発明は、光ディスクにデータを記録または再生する装置であって、レーザー光の波面収差を補正する手段を有する光ピックアップにおいて、請求項 1～13 記載の形状可変ミラー素子もしくは請求項 14 記載の形状可変ミラーユニットとを波面収差補正手段として使用することを特徴とする光ピックアップであり、立ち上げミラー同様の取り扱いで光ピックアップの光学系へ組み付けることができるので、従来の光ピックアップの光学系の構成を大きく変更することなく、しかも容易に、波面収差補正手段を搭載することが可能となる。

#### 【0032】

以下に、本発明の実施の形態をより詳細に説明する。

#### 【0033】

##### (実施の形態 1)

以下、本発明の形状可変ミラー素子の実施の形態 1 について、図面を参照して説明する。ただし、本発明とは直接関係しないリード線や電圧を印加するため端子等は図示していない。さらに、図面中の膜厚や基板の厚み、変形量等は理解を容易にする目的のために、実際の寸法とは異なる。以下、全ての図面において同様である。

#### 【0034】

図 1 は本発明の形状可変ミラー素子の側断面図である。

#### 【0035】

図 2 は本発明の形状可変ミラー素子の反射ミラー面側を示す斜視図である。

## 【0036】

形状可変ミラー素子 1 は、形状可変部 2 と形状可変部 2 を支持する基板 3 で少なくとも構成されている。

## 【0037】

基板 3 は形状可変部 2 を支持しており、形状可変部 2 は上面より順に反射ミラー膜 4、変形方向や変形形状等を決定する弾性板膜 5、圧電膜 7 に電圧を印加するための第 1 電極膜 6、伸縮により形状可変部 2 を変形させる圧電膜 7、圧電膜 7 に電圧を印加するためのもう一方の第 2 電極膜 8 とを有している。

## 【0038】

基板 3 の材料としては、Si や MgO 等の単結晶材料が圧電膜 7 の圧電特性が良好になりやすいために好適に使用されるが、特に制限されるものではない。しかし、形状可変ミラー素子 1 を作製する工程で高温処理をするプロセスを用いる場合には、耐熱性の良好な材料で基板 3 を構成することが好ましい。なお、基板 3 として、本実施の形態では、同一材料で構成された単板あるいは単シート状体を用いたが、同一材料で構成された単板あるいは単シート状体を接着剤などを用いて積層して構成してもよいし、異なる材料で構成された単板あるいは単シート状体を積層して構成してもよい。また、基板 3 としては、絶縁性あるいは導電性で構成された基体の表面にコーティングを施したものを用いてよい。また、基板 3 の外形形状としては、本実施の形態においては、四角形としたが、円形でも楕円形状でも多角形状でも三角形状でもよい。すなわち、図 25 (A) ~ (D) に示すように、基板 3 の形状を仕様などによって変化させることで、取付性を向上させたり取付面積などを最小にできるなどの効果を有する。

## 【0039】

圧電膜 7 の構成材料としては、PZT や PZT と同系の Pb を含むペロブスカイト酸化物などの圧電定数が高く変位の大きい材料が好適に使用される。

## 【0040】

また、圧電膜 7 の形成方法は、例えば、スパッタ法、蒸着法、CVD 法、またはゾルゲル法と多くあるが、薄膜を形成できる技術であれば、特に制限されることはない。

## 【0041】

弾性板膜 5 の構成材料としては、特に材料に制限されることはなく樹脂、金属、セラミック等の材料が使用できる。本実施の形態においては、弾性板膜 5 の構成材料にクロムあるいはクロム合金を使用した。また、基板 3 自体を弾性材料で構成した場合には、基板 3 が弾性板膜の機能を有することにもなるので、弾性板膜 5 は必ずしも必要としない。

## 【0042】

また、弾性板膜 5 の形成方法も、圧電膜 7 の形成方法と同様、例えば、スパッタ法、CVD法、または蒸着法と多くあるが、薄膜を形成できる技術であれば、特に制限されることはない。

## 【0043】

反射ミラー膜 4 の構成材料としては、高反射率の  $\text{Au}$ 、 $\text{Al}$  や  $\text{Ag}$  等の金属膜やあるいは高反射率の合金膜を用いてもよく、更には誘電体多層膜が好適に使用される。誘電体多層膜は、反射させたい光の波長を  $\lambda$  とした時に、高屈折率  $\lambda/4$  膜と低屈折率  $\lambda/4$  膜を交互に積層したものである。誘電体多層膜の材料としては、高屈折率膜には例えば  $\text{TiO}_2$  や  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  が好適に使用され、例えば低屈折率膜には  $\text{SiO}_2$  や  $\text{MgF}_2$  が好適に使用される。本発明では高屈折率膜に  $\text{TiO}_2$  を使用し、低屈折率膜に  $\text{SiO}_2$  を使用している。また、一層の  $\text{SiO}_2$  膜（低屈折率誘電体膜）とその膜に密着して形成された一層の  $\text{TiO}_2$  膜（高屈折率誘電体膜）を 1 周期とした場合には、反射率を大きくする点と薄型化を考慮すると 3 周期から 40 周期とすることが好ましい。この周期を多くして誘電体多層膜を積層することで、反射率は大きくなる。この様に誘電体多層膜の周期を増減することで所望の反射率を調整可能となる。

## 【0044】

反射ミラー膜 4 の形成方法も、圧電膜 7 の形成方法と同様、例えば、スパッタ法または蒸着法と多くあるが、薄膜を形成できる技術であれば、特に制限されることはない。

## 【0045】

第 1、第 2 電極膜 6、8 の構成材料としては導電性の高い金属が好適に使用さ



れる。形状可変ミラー素子 1 を作製する工程で高温処理をするプロセスを用いる場合には、Pt や Ir もしくはその合金など高温に強い材料が望ましい。第 1, 第 2 電極膜 6, 8 の形成方法も、圧電膜 7 の形成方法と同様、例えば、スパッタ法または蒸着法と多くあるが、薄膜を形成できる技術であれば、特に制限されることはない。

#### 【0046】

なお、第 1 電極膜 6 と第 2 電極膜 8 では、その構成材料を異ならせてもよい。第 1 及び第 2 電極膜 6, 8 はそれぞれ異なる材質の導電膜を積層しても良い。また、第 1 電極膜 6 を単層で構成し、第 2 電極膜 8 を多層構造としたりするなど、第 1 及び第 2 電極膜 6, 8 で積層構造を互いに異ならせても良い。なお、第 1 及び第 2 電極膜 6, 8 に外部から電圧を加える方法については、後述する。

#### 【0047】

また、形状可変部 2 は図 2 に示すように、基板 3 上の一部に設けられており、反射させたい光をほぼ形状可変部 2 で反射させることができる。すなわち、本実施の形態では、形状可変部 2 を形状可変部 2 よりも面積の大きな基板 3 の略中央部に設けることによって、形状可変ミラー素子 1 を他の部材に取り付ける際に、取り付け面積を大きくすることができ、取り付け強度などを強くすることができる。また、形状可変ミラー素子 1 に入射する光の入射面積は形状可変部 2 の形成面積よりも小さくすることで、確実に入射した光の反射方向を変えることができるが、多少入射する光の面積が形状可変部 2 よりも大きくても所望の特性は得られる。

#### 【0048】

更に、本実施の形態では、製造上工程を簡単にするように、形状可変部 2 及び形状可変部 2 を設けた基板 3 の面上に一体に反射ミラー膜 4 を設けたが、少なくとも光を入射する面に（形状可変部 2 の少なくとも一部）反射ミラー膜 4 を設ければ良く、好ましくは形状可変部 2 全体に反射ミラー膜 4 を設けることが好ましい。また、反射ミラー膜 4 は、形状可変部 2 よりもわずかにはみ出す程度に設けても良い。

#### 【0049】

この様に、反射ミラー膜 4 を少なくとも形状可変部 2 及び形状可変部 2 を含むその近傍部分に設ける場合には、パターニングやエッチングなどの手法を用いて、反射ミラー膜 4 を部分的に設ける。

#### 【0050】

本実施の形態では、形状可変部 2 を基板 3 に一つのみ設けたが、図 26 (A) , 図 26 (B) に示すように複数の形状可変部 2 を一つの基板 3 上に設けても良い。図 26 には、形状可変部 2 を 2 個、4 個設けた例を示したが、当然 5 個以上設けてもよく、奇数個設けても良い。形状可変部 2 を設ける個数は、仕様などによって適宜決定可能であり、このような構成によって、一つの基板 3 に搭載した第 1 の形状可変部と第 2 の形状可変部では、それぞれ反射させる光の波長を異ならせたり、あるいは、同じ光を第 1 および第 2 の形状可変部 2 に照射して反射方向を変えたりさまざまなバリエーションを持たせることができる。すなわち、形状可変部 2 を複数設けた場合に、それぞれを同期して動作させることも可能であるし、それぞれを独立して動作させることもできる。また、形状可変部 2 の形状としては、円形状としたが、図 27 (A) ~ (C) に示すような三角形状、方形状、五角形などの多角形状とすることもでき、これらは、仕様などによって適宜形状を変更可能である。

#### 【0051】

本実施の形態の形状可変ミラー素子の製造方法について、図面を参照して説明する。図 5 は形状可変ミラー素子の製造工程を示す形状可変ミラー素子断面図である。

#### 【0052】

まず、図 5 (A) , (B) に示すように厚みが  $200\mu\text{m} \sim 400\mu\text{m}$  の薄い Si 基板 3 上に第 2 電極膜 8、圧電膜 7、第 1 電極膜 6 と弾性板膜 5 を順次形成する。第 2 電極膜 8 の材料には Ir を使用し、第 1 電極膜 6 に Au/Ti を使用し、各電極膜 6, 8 の厚みは  $0.05\mu\text{m} \sim 0.1\mu\text{m}$  とした。圧電膜 7 の材料には PZT を使用し、PZT の厚みは  $1\mu\text{m}$  から  $5\mu\text{m}$  とした。弾性板膜 5 の材料には付着力や耐腐食性に優れる Cr を使用し、Cr の膜厚は  $1\mu\text{m} \sim 3\mu\text{m}$  とした。膜の形成は、第 1 電極膜の Au/Ti は基板 3 側から Au 膜, Ti 膜

の順で蒸着法を使用して成膜し、他の膜はスパッタ法でおこなった。

#### 【0053】

次に、図5（C）に示すように弾性板膜5等の積層膜をフォトリソグラフィー法とエッチング法により所望の形状に加工する。

#### 【0054】

最後に、図5（D）に示すように反射ミラー膜4を形成する。本実施の形態においては、反射ミラー膜4に $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ からなる $\lambda/4$ 膜を蒸着法により20層形成した。これにより、形状可変ミラー素子1が完成する。

#### 【0055】

なお、説明及び図示をしていないが、必要に応じて絶縁膜を各膜の層間に形成する。例えば、基板3に導電性の比較的高いSi基板を使用している場合には第2電極膜8と基板3との間に絶縁膜を形成すれば良いし、弾性板膜5に金属膜を使用する場合には第1電極膜6と弾性板膜5との間に絶縁膜を形成すれば良い。例えば、絶縁性を確保するには、基板3と第2電極膜8の間にシリカなどの膜を形成したり、あるいは、基板3を上述のように、Si基板で形成した場合には、シリコンの表面を酸化させて絶縁層を形成しても良く、この様に別途の膜を設けなくても構成する各膜の構成材料の特性を生かして、熱処理や薬品処理などによって絶縁膜を形成することで、より簡単に絶縁膜を形成でき工程なども簡単になって生産性が向上する。

#### 【0056】

以上のように構成された形状可変ミラー素子の動作を図面とともに説明する。図3および図4は形状可変ミラー素子2の動作を示す側断面図である。形状可変ミラー素子1の第1電極膜6と第2電極膜8に電圧を印加すると、例えば図3で示す断面形状になる。逆の極性の電圧をそれぞれの個別電極膜6，8に印加した場合、図4で示す断面形状となる。圧電膜7は電圧が印加されると伸び縮みする。そのため、第1電極膜6にプラス極性の電圧を印加した場合に電圧印加部分の圧電膜7が伸びるとした場合、マイナス極性の電圧を印加した場合には電圧印加部分の圧電膜7は縮む。その結果、第1電極膜6にプラス極性の電圧を印加した場合、図3の如く反射ミラー面は凸面となる。逆に、第1電極膜6にマイナス極

性の電圧を印加した場合、図4の如く反射ミラー面は凹面となる。

【0057】

以上、説明したように、本発明の実施の形態1の形状可変ミラー素子によれば、薄い基板と積層膜で構成されているので、極めて簡単な構成でしかも薄い素子が可能となる。その結果、低い印加電圧でも変形量が大きい形状可変ミラー素子が実現できる。

【0058】

(実施の形態2)

以下、本発明の形状可変ミラー素子の実施の形態2について、図面を参照して説明する。

【0059】

図6は本発明の実施の形態2の形状可変ミラー素子の側断面図である。

【0060】

図7は本発明の実施の形態2の形状可変ミラー素子の反射ミラー面側を示す斜視図である。

【0061】

以下、特に詳述していない部分は実施の形態1と同様である。

【0062】

形状可変ミラー素子1は、少なくとも形状可変部2と形状可変部2を支持する基板3とで構成される。

【0063】

基板3は形状可変部2を支持しており、例えばガラス基板9と樹脂層11からなる。形状可変部2は上面より反射ミラー膜4、圧電膜7を電圧印加するための第2電極膜8、伸縮により形状可変部2を変形させる圧電膜7、圧電膜7を電圧印加するためのもう一方の第1電極膜6、変形方向や変形形状等を決定する弾性板膜5とからなる。本実施の形態においては、樹脂層11に実施の形態1に示す弾性板膜5の機能を持たせているので、弾性板膜5と樹脂層11とは同一である。

【0064】

本実施の形態で使用した材料は実施の形態 1 とほぼ同様である。異なる点は、基板 3 としてガラス基板 9 と樹脂層 11 を使用した点である。ガラス基板 9 は、特にガラス材料に制限されるものではなく表面が平滑で好ましくは鏡面を有するものであればよい。樹脂層 11 の材料は、圧電膜のヤング率の  $1/100 \sim 1/10$  程度の弾性に富む材料が使用される。

#### 【0065】

本実施の形態の形状可変ミラー素子の製造方法について、図面を参照して説明する。図 10 は本発明の実施の形態 2 の形状可変ミラー素子の製造工程を示す形状可変ミラー素子の断面図である。

#### 【0066】

本実施の形態の製造工程の特徴は、2 種類の基板を使用することにある。すなわち、圧電膜 7 を形成する第 1 基板 10 と形状可変ミラー素子 1 を支持する基板（ガラス基板 9）を使用する。両基板は製造工程の途中で接着し、圧電膜 7 を形成した第 1 基板 10 はエッチング等により除去される。

#### 【0067】

最初に、図 10 (A), (B) に示すように第 1 基板 10 上に第 2 電極膜 8 と圧電膜 7 と第 1 電極膜 6 とを形成する。第 1 基板 10 の材料としては  $MgO$  単結晶を使用した。これと並行して、図 10 (C), (D) に示すようにガラス基板 9 には樹脂層 11 を形成する。ガラス基板 9 の材料としてはガラスを使用した。他の材料で構成された板材料でも良い。樹脂層 11 の材料にはポリイミドを使用した。他の樹脂材料でも良い。樹脂層 11 の形成は液状のポリイミド樹脂を塗布し焼成することにより行われる。

#### 【0068】

次に、図 10 (E) に示すように第 1 基板 10 の膜面とガラス基板 9 のポリイミドで構成された樹脂層 11 の面とを合わせ接着を行う。この接着に用いる接着材料にはエポキシ樹脂系の接着剤を使用した。他の材料でも良い。次に、リン酸水溶液により  $MgO$  基板である第 1 基板 10 を全てエッチング等により除去する。これにより、 $MgO$  基板である第 1 基板 10 上の積層膜は基板 3（ガラス基板 9 + 樹脂層 11）に転写されたことになる。この後、電少なくとも積層膜等を

フォトリソグラフィーとエッチング等により所望の形状に加工する。その結果、圧電膜 7 の下面には柔らかいエポキシ樹脂やポリイミド樹脂（樹脂層 11：弾性体膜 5 の機能を有する）が配置することになるので、圧電膜 7 に対する拘束力がガラス基板 9 や MgO 基板で構成された第 1 基板 10 に対して小さくなる。しかも、これらの樹脂は適度な硬さを有するために圧電膜用配線層（第 1、第 2 電極膜 6、8）の形成等を妨げない。最後に、第 2 電極膜 8 上に反射ミラー膜 4 を形成することにより形状可変ミラー素子 1 が完成することになる。

### 【0069】

このように構成された形状可変ミラー素子 1 の動作を図面とともに説明する。図 8 および図 9 は本発明の実施の形態 2 の形状可変ミラー素子の動作を示す側断面図である。形状可変ミラー素子 1 の第 1 電極膜 6 と第 2 電極膜 8 に電圧を印加すると、例えば図 8 で示す断面形状になる。逆の極性の電圧をそれぞれの第 1、第 2 電極膜に印加した場合、図 9 で示す断面形状となる。圧電膜 7 は電圧が印加されると伸び縮みする。そのため、第 1 電極膜 6 にプラス極性の電圧を印加した場合に電圧印加部分の圧電膜 7 が伸びるとした場合、マイナス極性の電圧を印加した場合には電圧印加部分の圧電膜 7 は縮む。その結果、第 1 電極膜 6 にプラス極性の電圧を印加した場合、図 8 の如く、ガラス基板 9 はほとんど変形しないが、形状可変部 2 は弾性に富む柔らかい樹脂（樹脂層 11）を引き伸ばすようにして変形することになる。その結果、反射ミラー膜 4 の反射面は凸面となる。逆に、第 1 電極膜 6 にマイナス極性の電圧を印加した場合、図 9 の如く、ガラス基板 9 はほとんど変形しないが、形状可変部 2 は柔らかい樹脂（樹脂層 11）を押し縮めるようにして変形することになる。その結果、図 9 の如く反射ミラー膜 4 の反射面は凹面となる。

### 【0070】

以上のように、本実施の形態 2 の形状可変ミラー素子 1 によれば、ガラス基板 9 と形状可変部 2 の間にはポリイミド等の樹脂層 11 が形成されており、形状可変部 2 は剛性の高いガラス基板 9 等に拘束されず樹脂層 11 に拘束される。樹脂は弾性に富むために、形状可変部 2 の拘束力がガラス基板 9 と比較し軽減される。その結果、形状可変部 2 は低い印加電圧でも効率的に変形させることができ、

変形量の大きい形状可変ミラー素子 1 が実現できる。

【0071】

また、本実施の形態の製造方法によれば、ガラス基板 9 等の平滑性が転写され鏡面状態になっている第 2 電極膜 8 面上に反射ミラー膜 4 を形成するので、極めて反射率の高い形状可変ミラー素子 1 が実現できる。

【0072】

(実施の形態 3)

以下、本発明の形状可変ミラー素子の実施の形態 3 について、図面を参照して説明する。

【0073】

図 11 は本発明の実施の形態 3 の形状可変ミラー素子の側断面図である。

【0074】

図 12 は本発明の実施の形態 3 の形状可変ミラー素子の反射ミラー面側を示す斜視図である。

【0075】

以下、特に詳述していない部分は実施の形態 1 と同様である。

【0076】

実施の形態 3 の形状可変ミラー素子の特徴は形状可変部 2 がダイヤフラム構造となっていることである。

【0077】

形状可変ミラー素子 1 は、少なくとも形状可変部 2 と形状可変部 2 を支持する基板 3 で構成される。

【0078】

基板 3 としては Si 基板を用い、形状可変部 2 の周囲（周縁部）を支持する構造となっている。形状可変部 2 の内周部はダイヤフラム構造となっている。形状可変部 2 は上面より反射ミラー膜 4、圧電膜 7 を電圧印加するための第 1 電極膜 6、伸縮により形状可変部 2 を変形させる圧電膜 7、圧電膜を電圧印加するためのもう一方の第 2 電極膜 8、変形量や変形形状等を決定する弾性板膜 5 と、からなる。

## 【0079】

なお、本実施の形態で使用した材料等は実施の形態1と同様である。

## 【0080】

本実施の形態の形状可変ミラー素子1の製造方法について説明する。図15は本発明の実施の形態3の形状可変ミラー素子の製造工程を示す形状可変ミラー素子の断面図である。本実施の形態の製造工程の特徴は、形状可変部をダイヤフラム構造とするための基板エッチング工程がある点である。

## 【0081】

まず、図15(A)、(B)に示すように両面ともに酸化膜が形成されたSiからなるあるいはSiを含む基板3上に第2電極膜8と圧電膜7と第1電極膜6と弾性板膜5を順次形成する。また、第2電極膜8の材料にはIrを使用し、第1電極膜6にAu/Tiを使用し、各電極膜の厚みは $0.1\mu\text{m}$ とした。圧電膜7にはPZTを使用し、PZTの厚みは $3\mu\text{m}$ とした。

## 【0082】

次に、図15(C)に示すように弾性板膜5等をフォトリソグラフィ法とエッチング法により所望の形状に加工する。

## 【0083】

次に、反射ミラー膜4を形成する。本実施の形態3においては、反射ミラー膜4に $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ からなる $\lambda/4$ 膜を20層形成した。

## 【0084】

最後に、図15(D)に示すようにダイヤフラム12の形成するために、基板3として用いたSi基板のエッチングを行う。基板3として用いたSi基板の裏面にSi酸化膜からなるエッチング用のマスクパターンを形成する。その後、Si基板の裏面からKOH溶液などのエッチング液やリアクティブイオンエッチング(RIE)を使用して所望の深さまでエッチング加工することにより、形状可変部2がダイヤフラム12となる。これにより、形状可変ミラー素子1が完成する。なお、本実施の形態の製造方法は、反射ミラー膜4を形成した後にダイヤフラム12を形成したが、両工程を逆としても何ら差し支えない。また、本実施の形態では、ダイヤフラム12を形成する場合に、基板3の裏面から表面にいくに



従って、次第に断面径が小さくなるような穴を設けるように構成したが、断面が変化しないような径等の穴を設けてダイヤフラム 12 を形成しても良い。

#### 【0085】

以上のように構成された形状可変ミラー素子 1 の動作を図 13 と図 14 に示した。図 13 および図 14 は本発明の実施の形態 3 の形状可変ミラー素子の動作を示す側断面図である。動作の説明は実施の形態 1 と同様なのでここでは省略する。本発明の実施の形態 3 の形状可変ミラー素子 1 よれば、形状可変部 2 がダイヤフラム 12 からなる構成なので基板 3 に拘束されることが無い。その結果、形状可変部 2 は低い印加電圧でもより一層効率的に変形させることができ、変形量が非常に大きい形状可変ミラー素子 1 が実現できる。

#### 【0086】

本実施の形態の形状可変ミラー素子 1 は、ダイヤフラム 12 からなる積層膜の内部応力を調整すると更に好ましい。形状可変ミラー素子 1 を構成する膜は全て内部応力を持つ。ダイヤフラム 12 からなる形状可変部 2 を構成する積層膜の内部応力の総和が基板 3 に対して引張り応力とした場合、更に優れた形状可変ミラー素子 1 が実現できる。すなわち、ダイヤフラム 12 を形成した時、ダイヤフラム 12 からなる積層膜は内部応力が開放される。積層膜が弾性限界内の引張り応力の場合、ダイヤフラム 12 からなる積層膜は自ら縮もうとする力が働く。その結果、ダイヤフラム 12 は全く撓むことがない平面性に優れた状態で形成される。

#### 【0087】

また、積層膜が圧縮応力の場合、ダイヤフラム 12 からなる積層膜は自らの伸びようとする力が働く。その結果、ダイヤフラム 12 は撓み、平面性に劣った変形した状態で形成され易くなる。しかも、圧縮応力が極めて大きいとダイヤフラム 12 の撓みが大きくなり形状可変ミラー素子 1 として機能しない場合が生じる。圧縮応力による形状可変部 2 の撓み変形量が PV 値で使用波長の  $1/4$  以下となる応力値で積層膜を形成した場合、反射ミラー膜 4 の反射面は理想的な鏡面となる。従って、予め、形状可変ミラー素子 1 を構成する積層膜の内部応力の総和をコントロールすることで、内部応力による形状可変部 2 の変形量が PV 値で使

用波長の  $1/4$  以下が実現できるために、実用上、非常に優れた形状可変ミラー素子 1 が実現できる。

#### 【0088】

また、本実施の形態の他の製造方法として、弾性板膜面 5 上に反射ミラー膜 4 を形成したが、第 2 電極膜 8 面上に形成すると更に実用上好ましい形状可変ミラー素子 1 が実現できる。すなわち、各電極膜 6, 8 や弾性板膜 5 等を多層にわたって積層すると膜表面は粗くなるので、基板 3 の鏡面が転写され鏡面状態になっている第 2 電極膜 8 面に反射ミラー膜 4 を形成した場合、極めて高い反射率の形状可変ミラー素子 1 が実現できる。

#### 【0089】

さらに、本実施の形態の他の製造方法として、ダイヤフラム形成工程を 2 つの工程に分けても良い。例えば、第 1 のダイヤフラム形成工程により基板 3 の厚みの半分以上をエッチングし、第 2 のダイヤフラム形成工程により残りの部分をエッチングすることにより、ダイヤフラム 12 を形成する。一般に、ダイヤフラム 12 の形状は形状可変ミラー素子 1 の変形状に影響を与えるために精密なエッチング加工が必要となる。しかし、基板 3 として用いた Si 基板は一般に  $300 \sim 500 \mu\text{m}$  程度の厚みなので、基板 3 の裏面よりエッチングマスクパターンを形成し、表面の寸法形状を精密に加工することは非常に困難である。ダイヤフラム形成工程を 2 つの工程に分けた場合、第 1 の工程ではダイヤフラム 12 を形成することがないので、加工精度は粗で良い。また、第 2 のダイヤフラム形成工程ではダイヤフラム 12 は形成をするために、加工精度は高いことが必要であるが、エッチングする基板 3 の厚み自体が予め薄くなっているため、非常に寸法精度の良いエッチング加工が実現できる。

#### 【0090】

(実施の形態 4)

以下、本発明の形状可変ミラー素子の実施の形態 4 について、図面を参照して説明する。

#### 【0091】

図 16 は本発明の実施の形態 4 の形状可変ミラー素子の側断面図である。

## 【0092】

図17は本発明の実施の形態4の形状可変ミラー素子の反射ミラー面側を示す斜視図である。

## 【0093】

以下、特に詳述していない部分は実施の形態1と同様である。

## 【0094】

また、実施の形態4の形状可変ミラーの特徴は形状可変部の弾性板膜の膜厚が不均一となっていることである。

## 【0095】

形状可変ミラー素子1は、少なくとも形状可変部2と形状可変部2を支持する基板3とを有している。

## 【0096】

基板3はSi基板等から構成され、形状可変部2の周囲を支持する構造となっている。形状可変部2の内周部はダイヤフラム構造となっている。形状可変部2は上面より反射ミラー膜4、圧電膜7に電圧を印加するための第1電極膜6、伸縮により形状可変部を変形させる圧電膜7、圧電膜7に電圧を印加するためのもう一方の第2電極膜8、変形方向や変形形状等を決定する弾性板膜5を加工した凸凹弾性板膜13とを有している。なお、本実施の形態で使用した材料は実施の形態1と同様である。

## 【0097】

本実施の形態の形状可変ミラー素子の製造方法について説明する。図20は本発明の実施の形態4の形状可変ミラー素子の製造工程を示す形状可変ミラー素子の断面図である。本実施の形態の製造工程の特徴は、形状可変部2の振動板膜厚を複数の工程でエッチング加工する点である。

## 【0098】

まず、図20(A)、(B)に示すように両面ともにSi酸化膜が形成されたSiからなる基板3上に第2電極膜8と圧電膜7と第1電極膜6と振動板膜5を順次形成する。

## 【0099】

また、第2電極膜8の材料にはIrを使用し、第1電極膜6にAu/Tiを使用し、各電極膜の厚みは $0.1\mu\text{m}$ とした。圧電膜7にはPZTを使用し、PZTの厚みは $3\mu\text{m}$ とした。

#### 【0100】

次に、図20(C)、(D)に示すように弾性板膜5をフォトリソグラフィー法とエッチング法により所望の形状に加工する。本実施の形態では、変形形状を曲率とするために、弾性板膜5の膜厚を同心円上に外周部分は厚く、内周部分は薄くした。また、弾性板膜5の加工は2つの工程に分けて行った。また、エッチング方法はリアクティブイオンエッチング(RIE)を使用し所望の深さまでエッチング加工した。このように、弾性板膜5に加工を施すことで、凸凹振動板膜13を形成する。

#### 【0101】

次に、図20(E)に示すようにダイヤフラム12を形成するために、基板3として用いたSi基板の裏面にSi酸化膜からなるエッチング用のマスクパターンを形成する。以後、Si基板の裏面からKOH溶液などのエッチング液やリアクティブイオンエッチング(RIE)を用いて所望の深さまでエッチング加工することにより、Si基板には形状可変部2がダイヤフラム12となる。

#### 【0102】

最後に、図20(F)に示すように反射ミラー膜4を形成する。本実施の形態においては、反射ミラー膜4に $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ からなる $\lambda/4$ 膜を20層形成した。これにより、形状可変ミラー素子1が完成する。

#### 【0103】

以上のように構成された形状可変ミラー素子1の動作を図18と図19に示した。図18および図19は本発明の実施の形態4の形状可変ミラー素子の動作を示す側断面図である。動作の説明は実施の形態1と同様なのでここでは省略する。実施の形態3の形状可変ミラー素子1においては、図13と図14の示す如く、形状可変部2の変形形状は楕円円弧状になる。一方、本実施の形態の形状可変ミラー素子1では図18と図19示す如く、形状可変部2の変形形状は円弧状になる。

**【0104】**

本実施の形態の形状可変ミラー素子1は、弾性板膜5の膜厚を不均一にすることで、形状可変部2の変形形状を制御したが、圧電膜7の膜厚を不均一にすることで、変形形状を制御することも可能である。

**【0105】**

また、圧電膜7と弾性板膜5の両膜の厚みを不均一にすれば、更なる自由度を持った変形形状が可能となることは言うまでもない。

**【0106】**

以上のように、本実施の形態の形状可変ミラー素子1によれば、弾性板膜5もしくは圧電膜7の膜厚を不均一にすることで、予め設定された曲率になるように適正な膜厚に調整するので、常に安定な曲率の変形形状が実現できる。例えば、レーザービームの波面を制御が可能となるので、集光性の良い焦点が安定的に実現できる。また、レーザービーム径を縮小・拡大の制御が可能となるので、レーザービームの焦点位置を安定的に可変できる。

**【0107】**

(実施の形態5)

図面を参照して本発明の実施の形態の形状可変ミラーユニットを説明する。図21形状可変ミラーユニットの構成を模式的に示す斜視図である。この形状可変ミラーユニット15は、形状可変ミラー素子1が弾性部材16によって浮遊支持された可動部として構成されている。より詳細には、形状可変ミラーユニット15は、形状可変ミラー素子1と形状可変ミラー素子1を支持し固定するベース17、及び形状可変ミラー素子1とベース17を弾性部材16により浮遊支持する筐体18とを有している。

**【0108】**

本実施の形態における形状可変ミラーユニット15のアクチュエーターはボイスコイルモータである。筐体18にはコイル19が配されており、磁束付与手段として働く。ベース17の裏面に固定された永久磁石20を配している。従って、形状可変ミラーユニット15は、コイル19へ電流供給を行うことによって、形状可変ミラー素子1自体が動作可能となっている。本実施の形態においては高

さ方向のみの駆動機構の場合を示したが、弾性部材 16 の支持方法とコイルと磁石の配置により 2 軸以上の方向も動作可能である。

#### 【0109】

以上のように、本発明の形状可変ミラーユニット 15 によれば、光ピックアップ等の光学系に組み付けた場合、組み付けバラツキをアクチュエーターにより容易に補正できる。

#### 【0110】

なお、本実施の形態では、永久磁石 20 をベース 17 に搭載し、筐体 18 にコイル 19 を搭載したが、逆に、筐体 18 に永久磁石 20 を、ベース 17 にコイル 17 を搭載しても良い。

#### 【0111】

(実施の形態 6)

図面を参照して本発明の実施の形態の光ピックアップを説明する。図 22 は本発明の形状可変ミラーを含む光ピックアップの光学系を示す図である。

#### 【0112】

このような構成を備えた光ピックアップ 20 では、レーザー素子 21 から発せられたレーザー光は、コリメーターレンズ 22 により平行光に変換される。この平行光は、形状可変ミラー素子 1 で反射され、偏向ビームスプリッタ 23 を通り、対物レンズ 24 で集光され、光ディスク 25 に焦点を結ぶ。光ディスク 25 から反射したレーザー光は、対物レンズ 24、 $\lambda/4$  板 26 及び偏向ビームスプリッタ 23 を通り、光検出光学系 27 で集光され、光検出素子 28 で検出する。この検出素子 28 にはチルト検出用の検出素子も含まれている。

#### 【0113】

この光学系では、光ディスク 25 がレーザー光の光軸に垂直な位置から傾くと、光ディスクから反射して戻ってきたレーザー光の波面は乱れ、波面収差（コマ収差）が発生する。つまり、光ディスクがレーザーの光軸に対して垂直であれば、波面は図で示すような収差を含まれないが、ディスクがチルトしたときに発生する波面収差は、反射光にそのまま含まれる。この場合、予め形状可変ミラー素子 1 を波面収差分のみ変形させて、レーザー光に波面収差を発生させると、光デ

ィスク記録面の焦点において位相の揃ったレーザー光が集光するように制御することにより、波面収差が減少させることができる。

【0114】

なお、本実施の形態では波面収差補正素子として、形状可変ミラー素子1を使用した。形状可変ミラーユニット15であれば更に収差補正制御の自由度が高くなるので、より正確な記録再生が実現できる。

【0115】

また、光ディスクの保護膜の膜厚が不均一な場合には、波面収差（コマ収差）が発生する。この場合も予め形状可変ミラー素子を波面収差分のみ変形させることにより、波面収差が減少させることができる。

【0116】

本発明の光ピックアップによれば、簡単な構成でサイズが小さいので、立ち上げミラー同様の取り扱いで光ピックアップの光学系組み付けることが可能となる。その結果、構造を大きく変更することなく、波面収差補正手段を搭載した光ピックアップが実現できる。

【0117】

電極の引き回し構造について図面を参照して説明する。図23は本発明の形状可変ミラー素子の配線構造を示す図である。

【0118】

126は第2電極膜8と駆動回路を結線するための第2電極端子である。また、第2電極膜8と第2電極端子126は引き回し線127により結線がなされている。

【0119】

128は第1電極膜6と駆動回路を結線するための第1電極端子である。また、第1電極膜6と第1電極端子128は引き回し線129により結線がなされている。

【0120】

130は第2電極膜8と第2電極端子126および引き回し線127を基板3と絶縁するための絶縁膜である。

## 【0121】

131は第1電極膜6を弾性板膜5と絶縁するための絶縁膜である。

## 【0122】

本実施の形態の形状可変ミラー素子1の反射ミラー膜4には誘電体多層膜を使用しており、誘電体多層膜はそれ自体が絶縁膜としても機能する。

## 【0123】

第2電極膜8、第2電極端子126及び引き回し線127は、絶縁膜130上に密着されてなる同一の膜で形成されている。

## 【0124】

第1電極6、第1電極端子128及び引き回し線129は、圧電膜7上に密着されてなる同一の膜で形成されている。

## 【0125】

この時、第1電極6と引き回し線129とを絶縁するために、圧電膜7を絶縁膜として利用しているので、引き回し線129や第1電極端子128の下には第2電極端子126や引き回し線127と同層の膜は無い。

## 【0126】

他の電極の引き回し構造の実施の形態について、図面を参照して説明する。図24は本発明の形状可変ミラー素子の電極の引き回し構造を具体的に示す図である。

## 【0127】

第2電極膜8から第2電極端子126への引き回しは、（電極引き回し構造の実施の形態1）と同様なのでここでは省略する。

## 【0128】

第1電極6から第1電極端子128への引き回し構造は、圧電膜上に絶縁膜131にスルーホールを形成し引き回し線を結線することによりなる。

## 【0129】

従って、本実施の形態の場合は、第1電極膜6の膜と、第1電極端子128と引き回し線129の膜の同一層ではない。

## 【0130】



**【発明の効果】**

以上のように、本発明の形状可変ミラー素子によれば、簡単な構成で極めて薄く、低い印加電圧でも変形量の大きい形状可変ミラー素子及び形状可変ミラーユニットを提供できるという優れた効果が得られる。

**【0131】**

また、本発明の形状可変ミラー素子の製造方法によれば、形状可変部下に薄い基板を接合することのない工程を備えた構成よりなる低い印加電圧でも変形量の大きい形状可変ミラー素子の製造方法をできるという優れた効果が得られる。それと同時に、極めて高い反射率の形状可変ミラー素子を提供という優れた効果も得られる。

**【0132】**

さらに、本発明の光ピックアップによれば、従来の光ピックアップの光学系の構成を大きく変更することなく、波面収差補正手段を搭載した光ピックアップを提供できるという優れた効果が得られる。

**【図面の簡単な説明】****【図1】**

本発明の形状可変ミラー素子の側断面図

**【図2】**

本発明の形状可変ミラー素子の反射ミラー面側を示す斜視図

**【図3】**

形状可変ミラー素子の動作を示す側断面図

**【図4】**

形状可変ミラー素子の動作を示す側断面図

**【図5】**

形状可変ミラー素子の製造工程を示す形状可変ミラー素子の断面図

**【図6】**

本発明の実施の形態2の形状可変ミラー素子の側断面図

**【図7】**

本発明の実施の形態2の形状可変ミラー素子の反射ミラー面側を示す斜視図

**【図 8】**

本発明の実施の形態 2 の形状可変ミラー素子の動作を示す側断面図

**【図 9】**

本発明の実施の形態 2 の形状可変ミラー素子の動作を示す側断面図

**【図 1 0】**

本発明の実施の形態 2 の形状可変ミラー素子の製造工程を示す形状可変ミラー素子の断面図

**【図 1 1】**

本発明の実施の形態 3 の形状可変ミラー素子の側断面図

**【図 1 2】**

本発明の実施の形態 3 の形状可変ミラー素子の反射ミラー面側を示す斜視図

**【図 1 3】**

本発明の実施の形態 3 の形状可変ミラー素子の動作を示す側断面図

**【図 1 4】**

本発明の実施の形態 3 の形状可変ミラー素子の動作を示す側断面図

**【図 1 5】**

本発明の実施の形態 3 の形状可変ミラー素子の製造工程を示す形状可変ミラー素子の断面図

**【図 1 6】**

本発明の実施の形態 4 の形状可変ミラー素子の側断面図

**【図 1 7】**

本発明の実施の形態 4 の形状可変ミラー素子の反射ミラー面側を示す斜視図

**【図 1 8】**

本発明の実施の形態 4 の形状可変ミラー素子の動作を示す側断面図

**【図 1 9】**

本発明の実施の形態 4 の形状可変ミラー素子の動作を示す側断面図

**【図 2 0】**

本発明の実施の形態 4 の形状可変ミラー素子の製造工程を示す形状可変ミラー素子の断面図

**【図 2 1】**

形状可変ミラーユニットの構成を模式的に示す斜視図

**【図 2 2】**

本発明の形状可変ミラーを含む光ピックアップの光学系を示す図

**【図 2 3】**

本発明の形状可変ミラー素子の配線構造を示す図

**【図 2 4】**

本発明の他の実施の形態における形状可変ミラー素子の配線構造を示す図

**【図 2 5】**

本発明の一実施の形態における形状可変ミラー素子を示す図

**【図 2 6】**

本発明の一実施の形態における形状可変ミラー素子を示す図

**【図 2 7】**

本発明の一実施の形態における形状可変ミラー素子を示す図

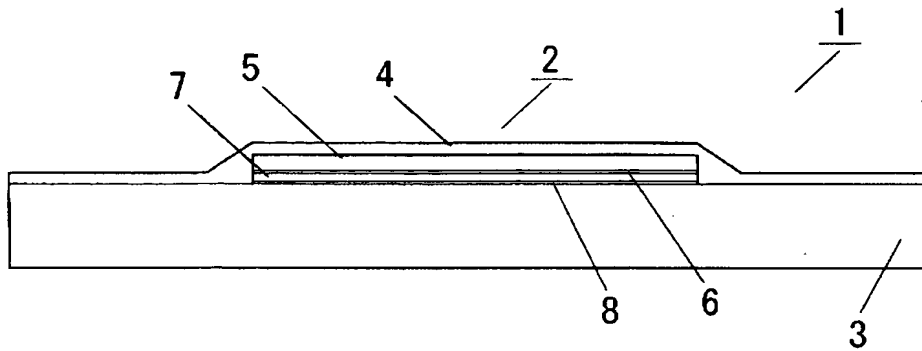
**【符号の説明】**

- 1 形状可変ミラー素子
- 2 形状可変部
- 3 基板
- 4 反射ミラー膜
- 5 弾性板膜
- 6 第 1 電極膜
- 7 圧電膜
- 8 第 2 電極膜
- 9 ガラス基板
- 10 第 1 基板
- 11 樹脂層
- 12 ダイアフラム
- 13 凸凹振動板膜
- 15 形状可変ミラーユニット

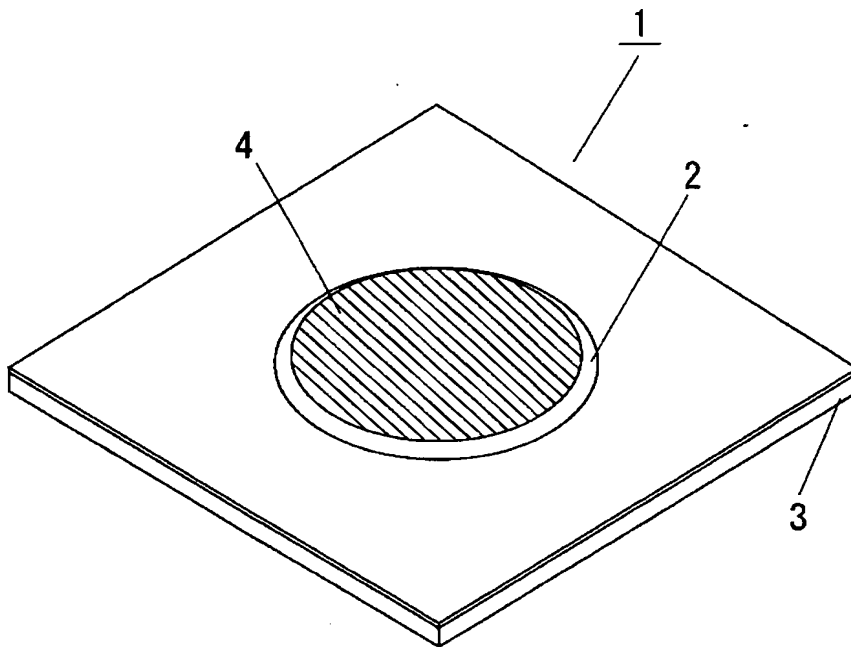
- 1 6 弾性部材
- 1 7 ベース
- 1 8 筐体
- 1 9 コイル
- 2 0 永久磁石
- 2 1 レーザー素子
- 2 2 コリメーターレンズ
- 2 3 偏向ビームスプリッタ
- 2 4 対物レンズ
- 2 5 光ディスク
- 2 6  $\lambda/4$  板
- 2 7 光検出光学系
- 2 8 光検出素子
- 2 9 光ピックアップ

【書類名】 図面

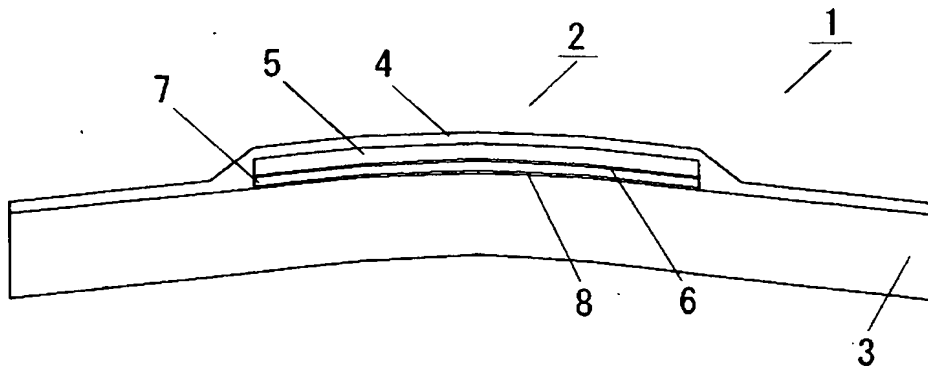
【図 1】



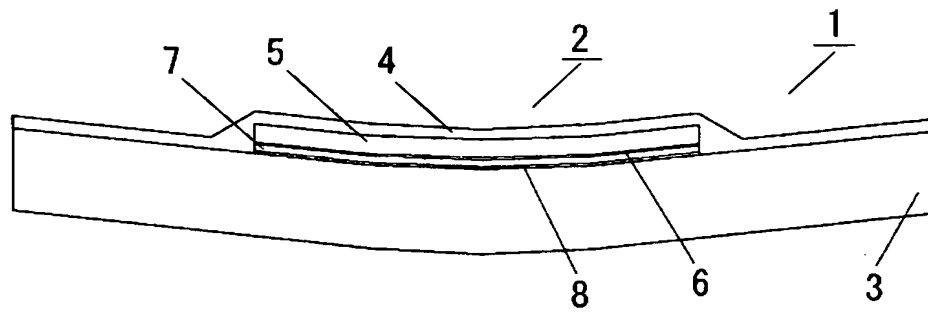
【図 2】



【図 3】

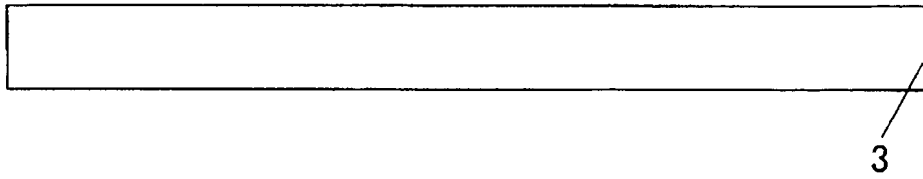


【図 4】

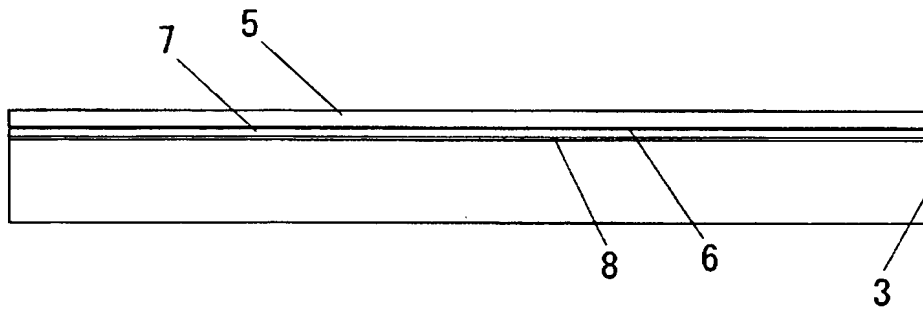


【図 5】

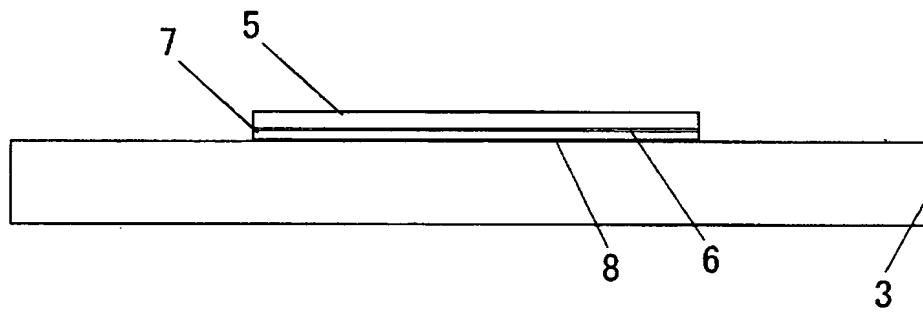
(A)



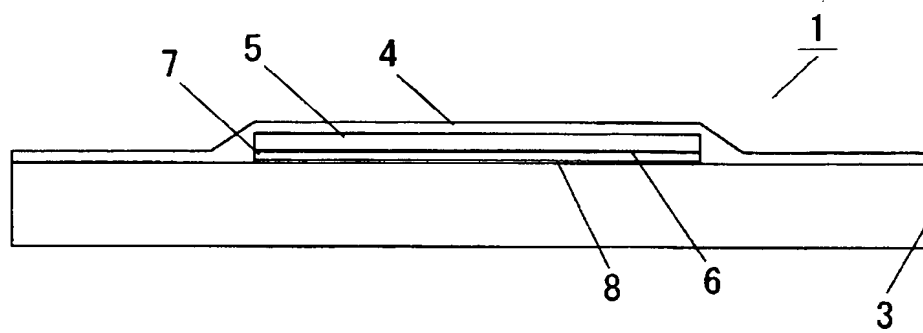
(B)



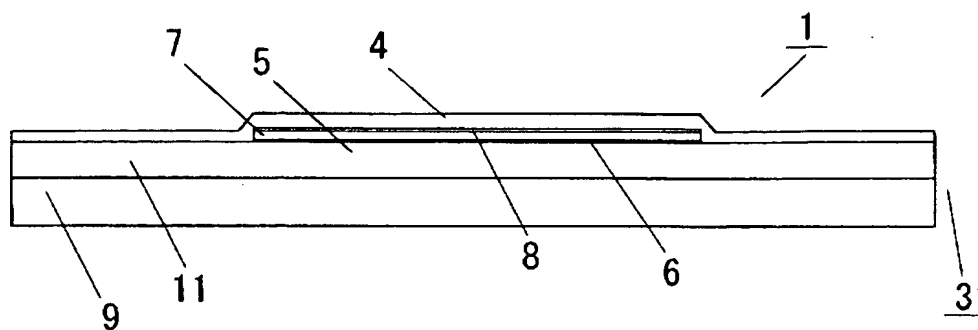
(C)



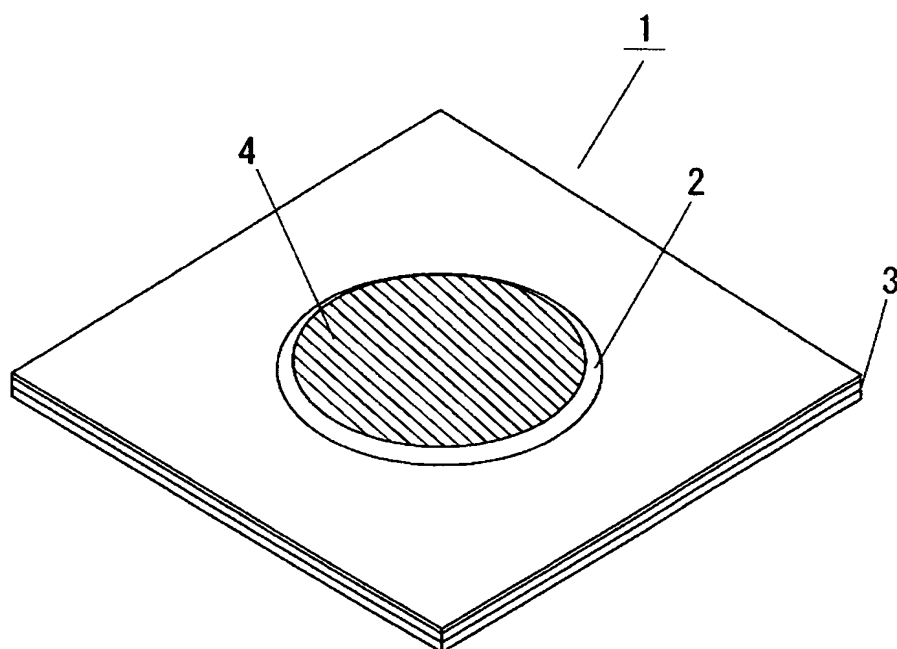
(D)



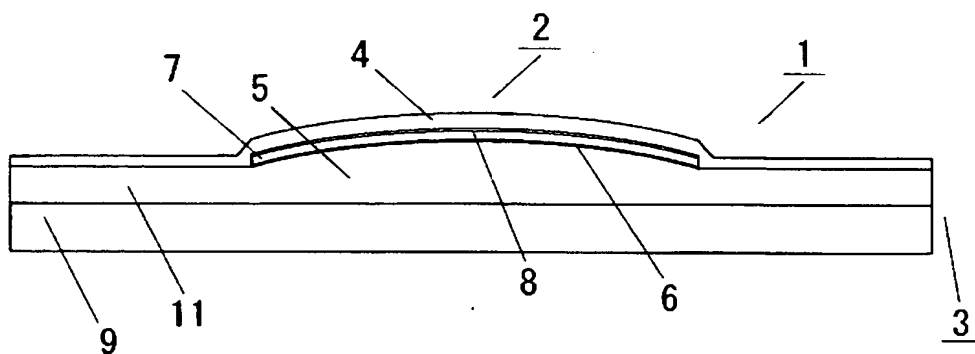
【図 6】



【図 7】

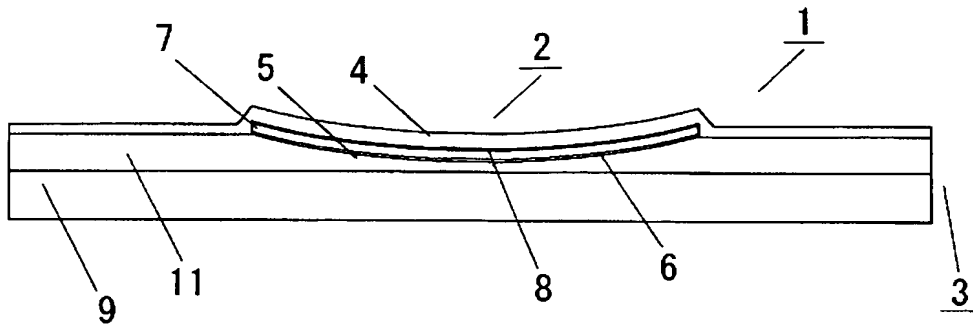


【図 8】





【図 9】



【図 10】

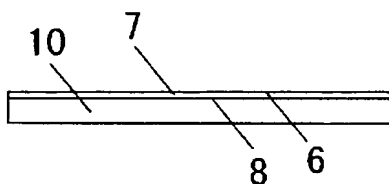
(A)



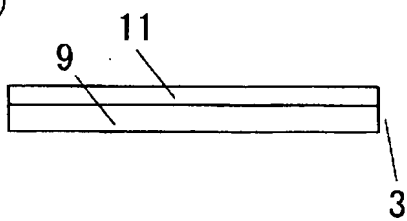
(C)



(B)

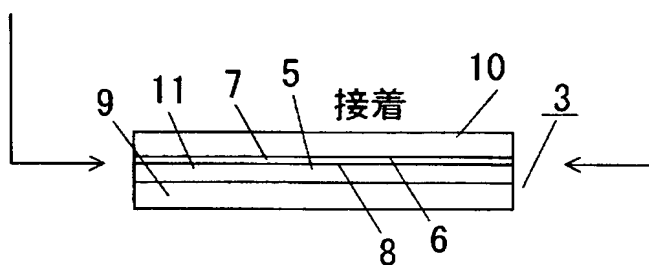


(D)

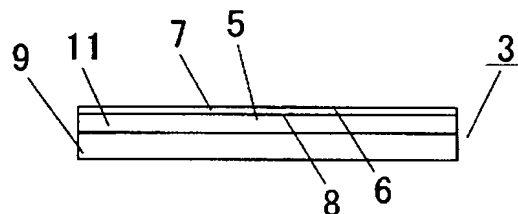


(E)

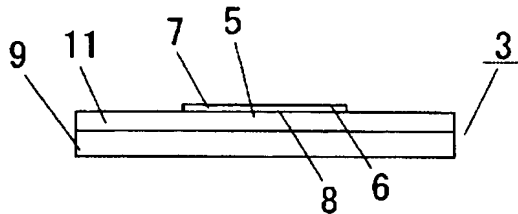
基板反転



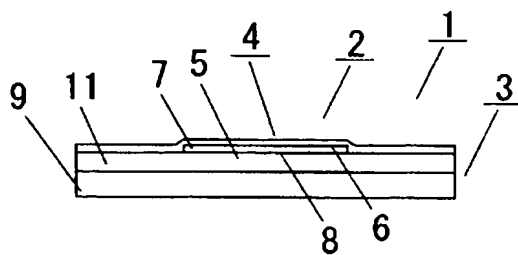
(F)



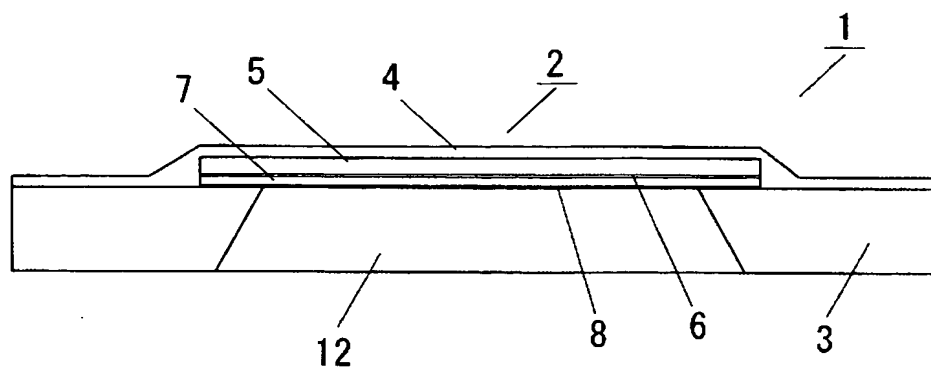
(G)



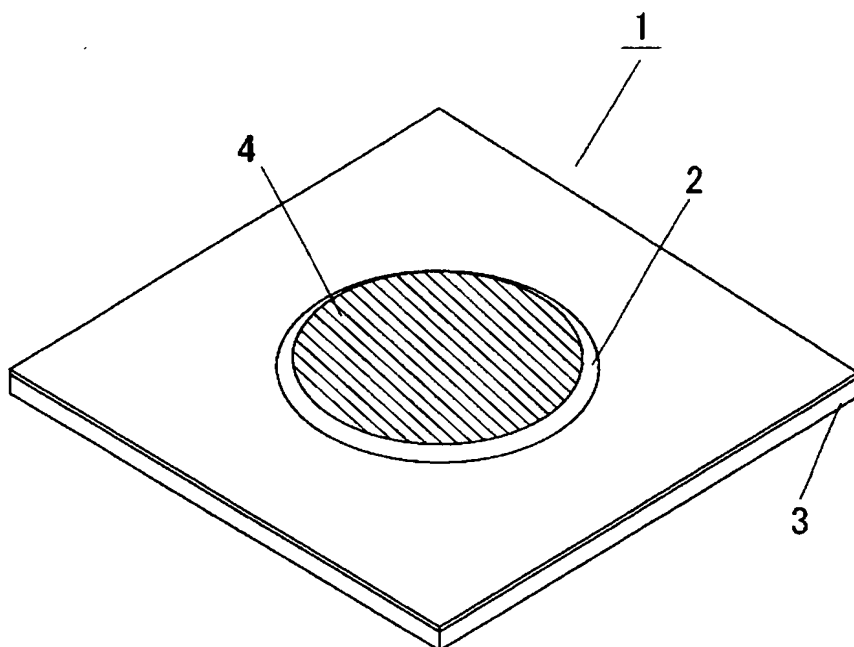
(H)



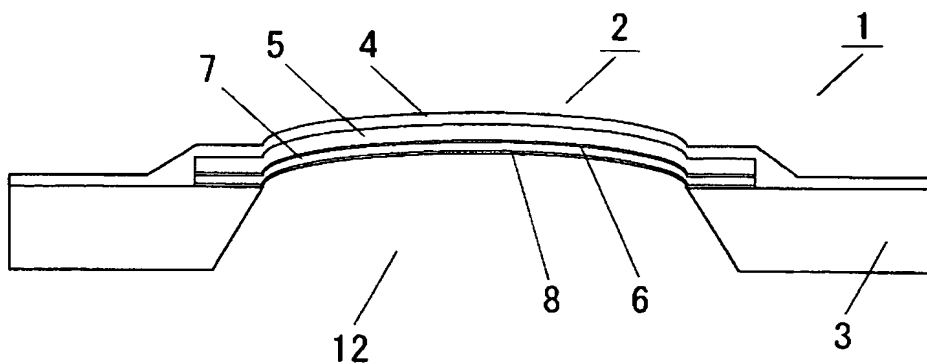
【図 1 1】



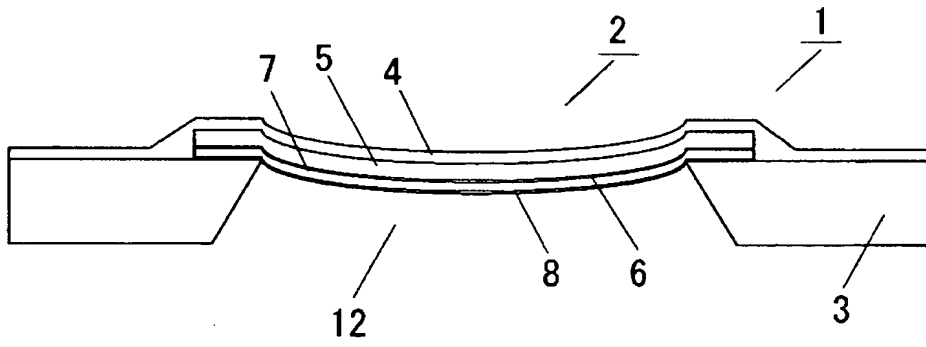
【図 1 2】



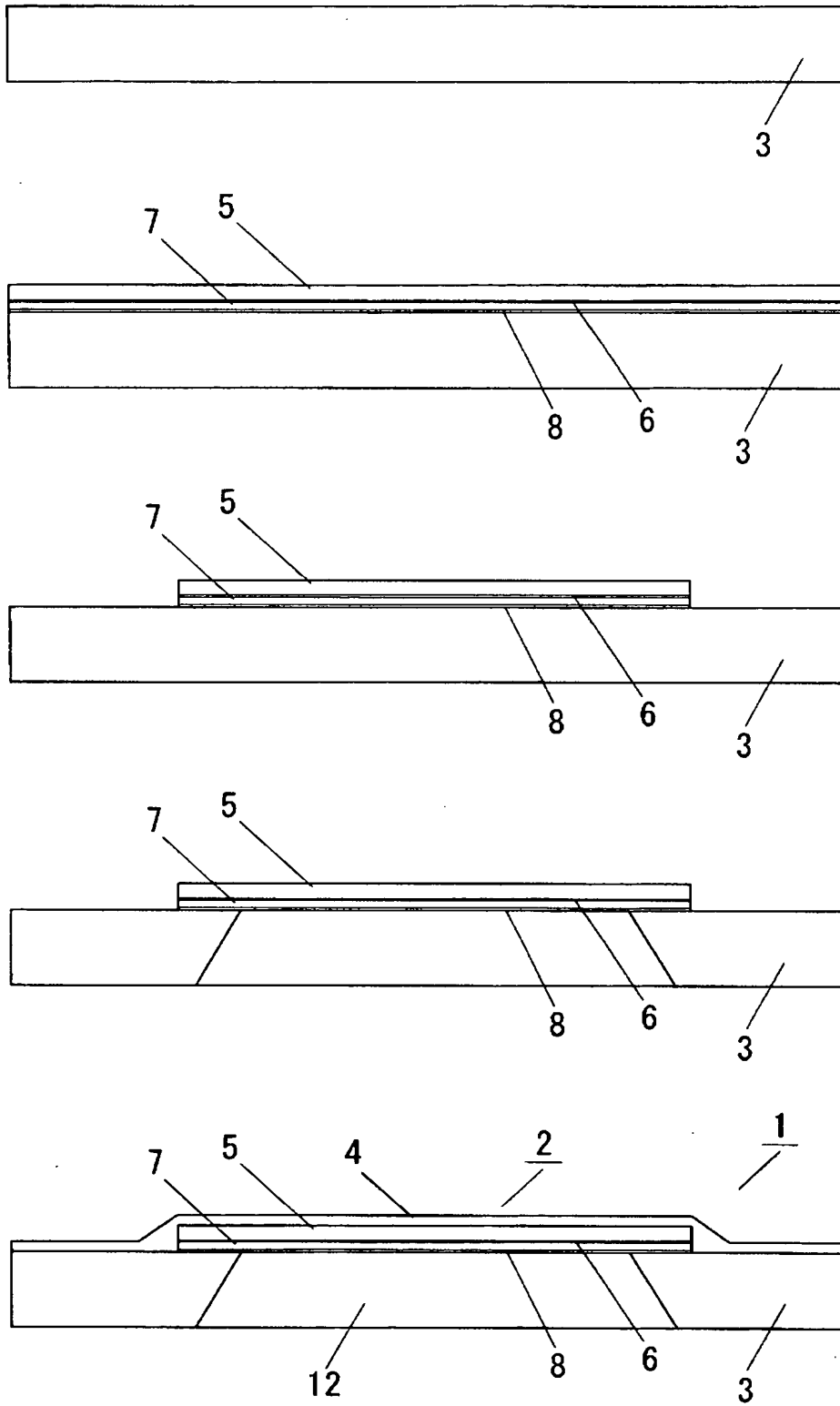
【図 1 3】



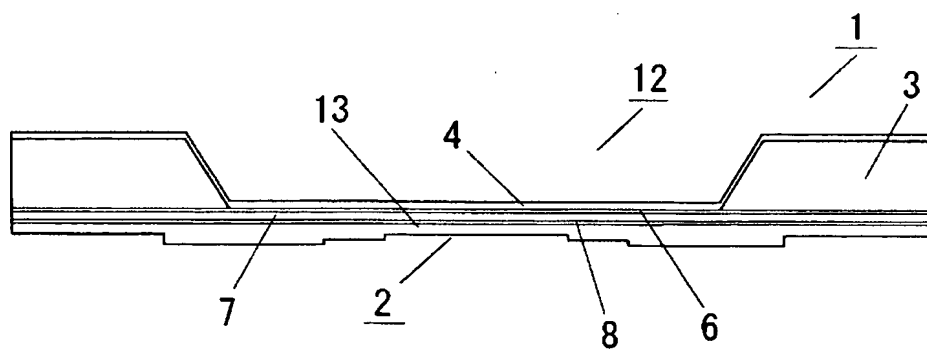
【図 14】



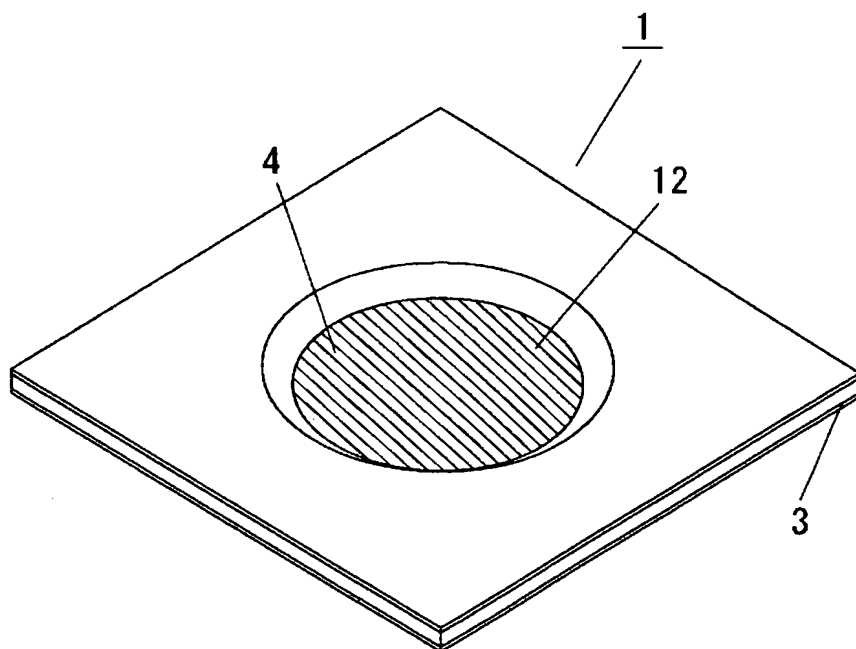
【図 15】



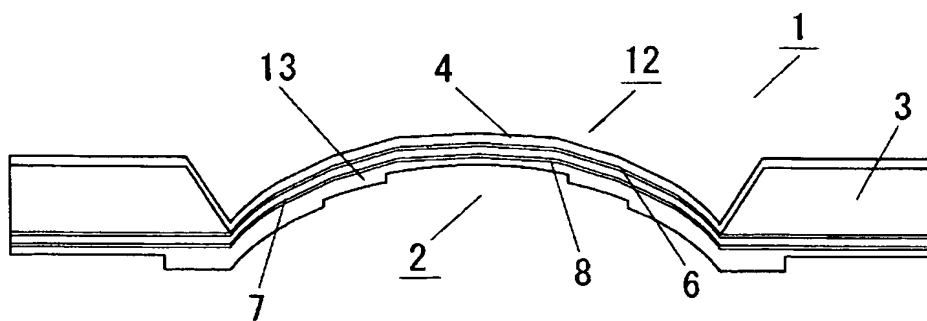
【図 16】



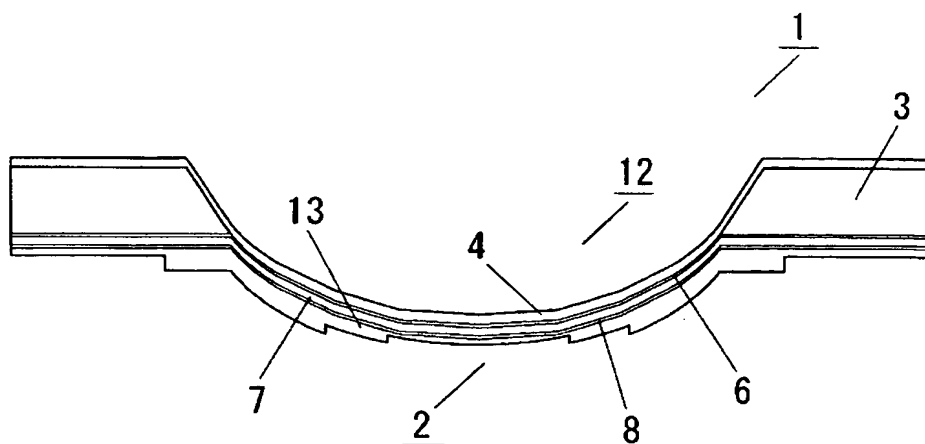
【図 17】



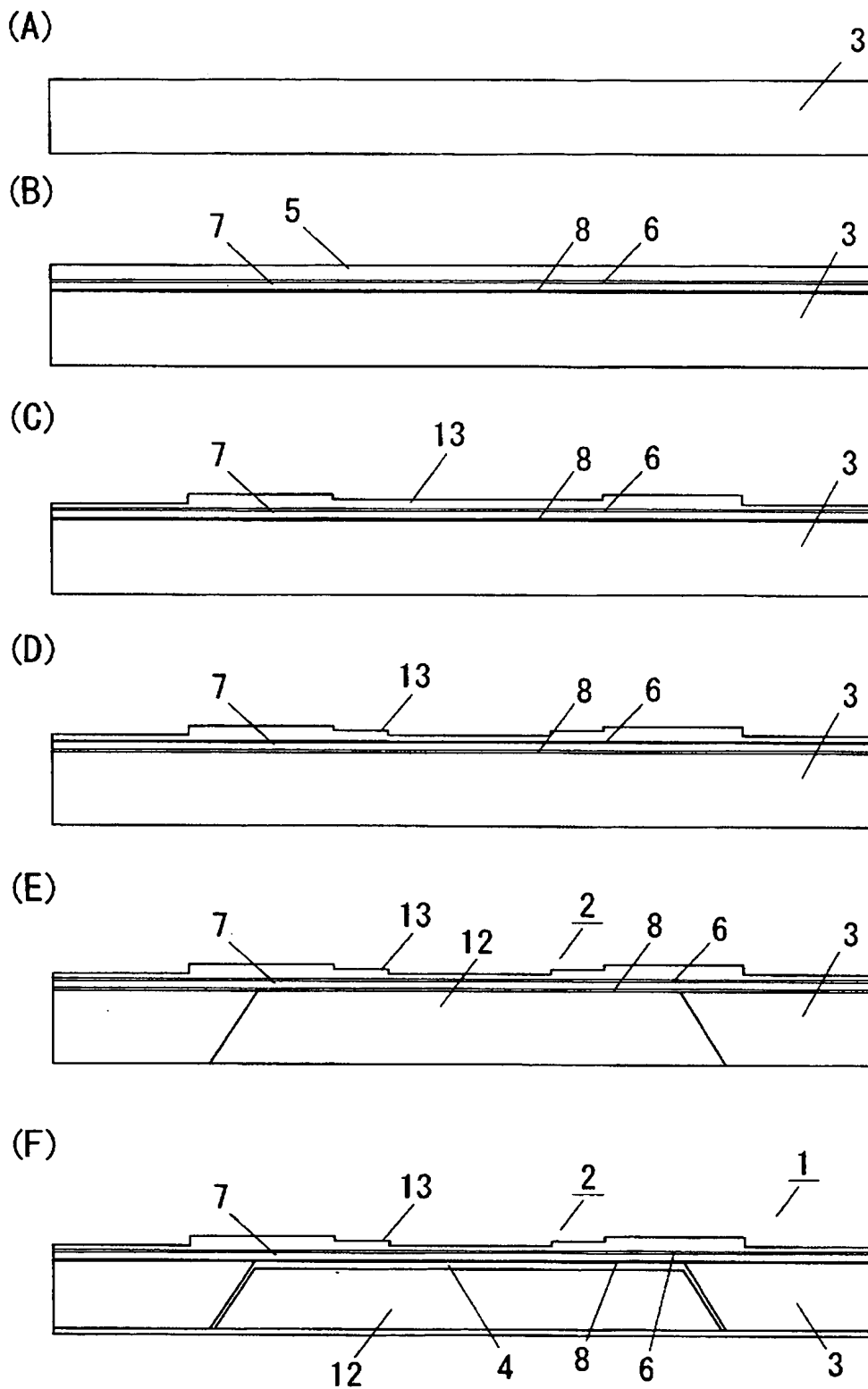
【図 18】



【図 19】

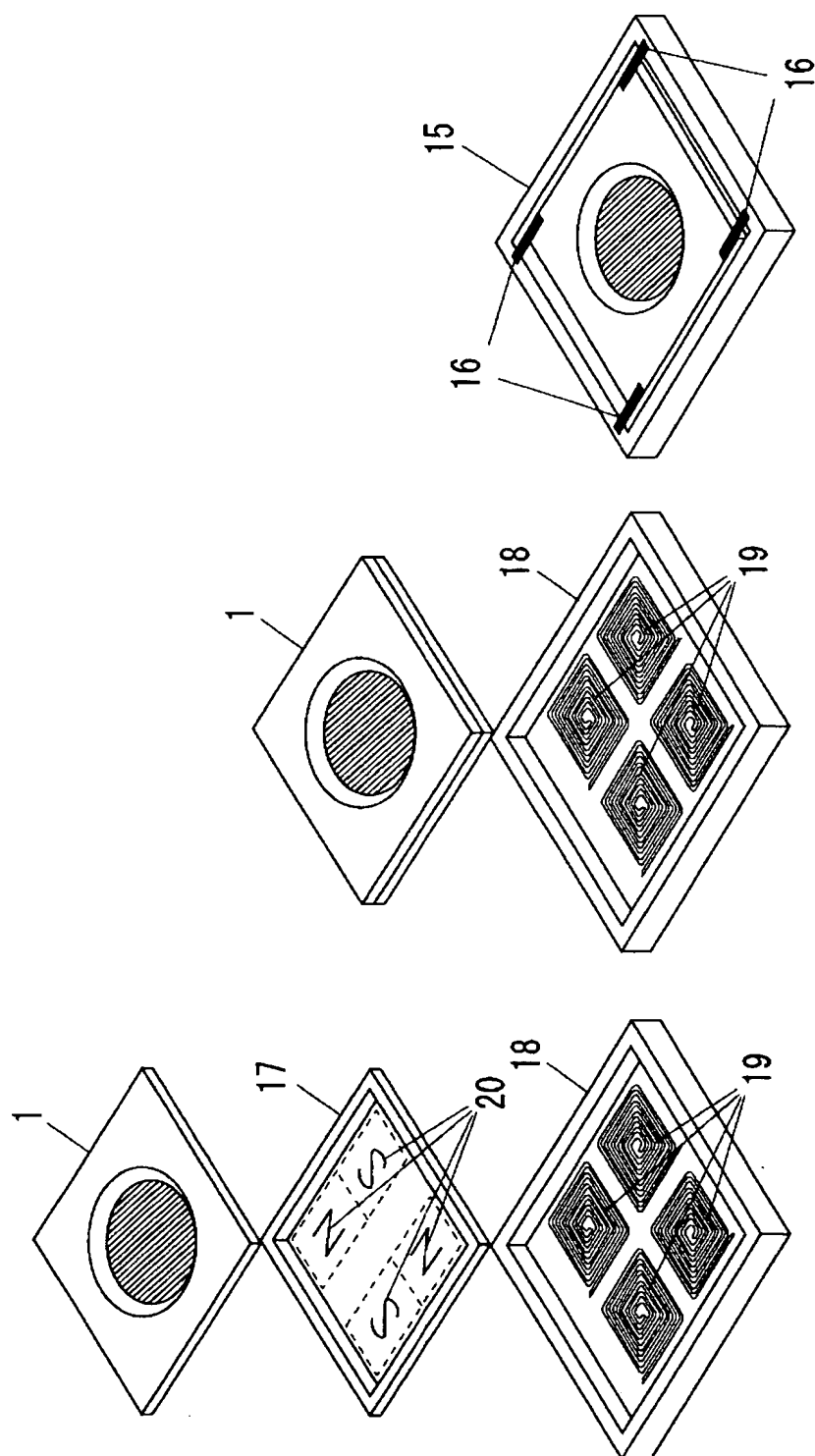


【図 20】

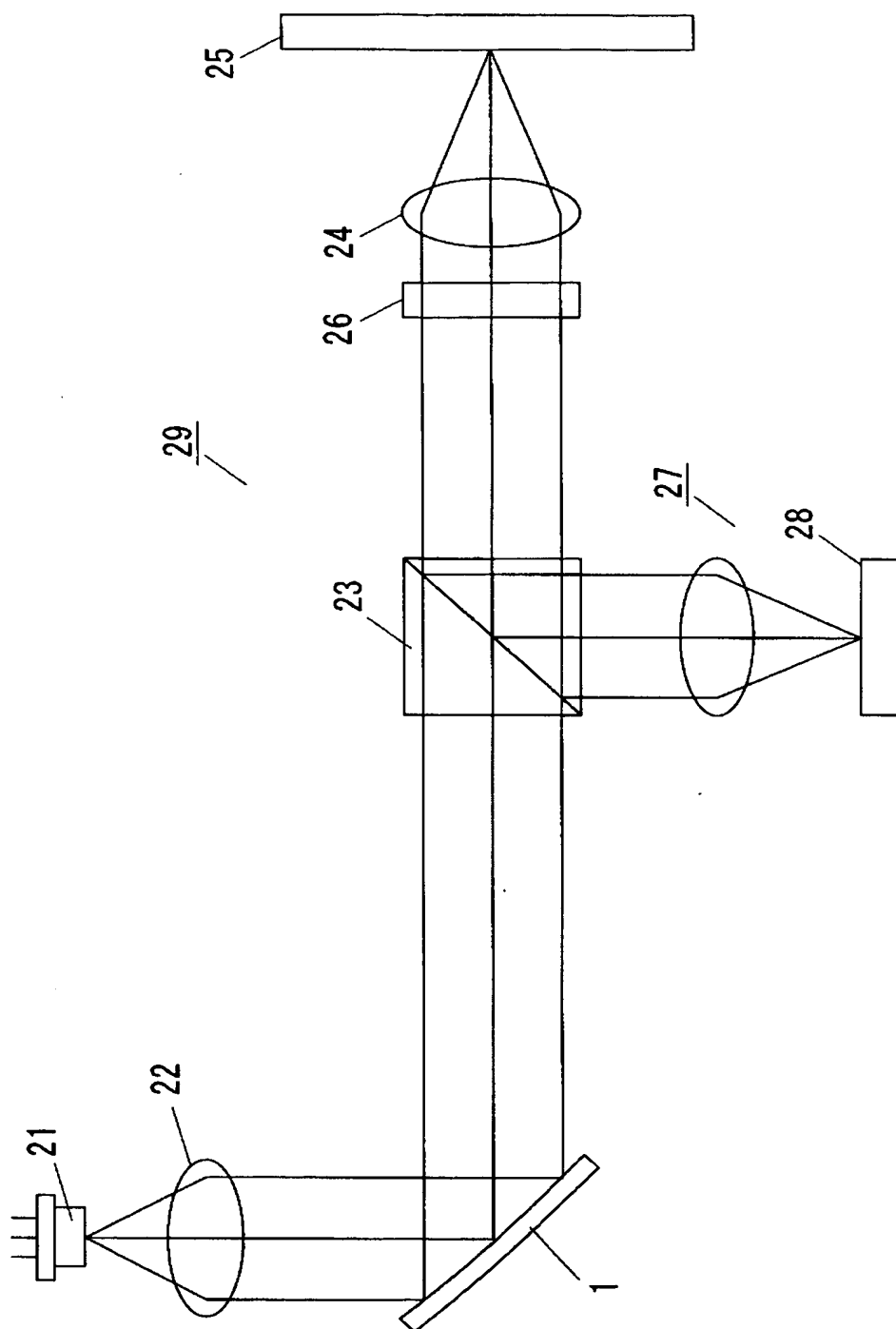




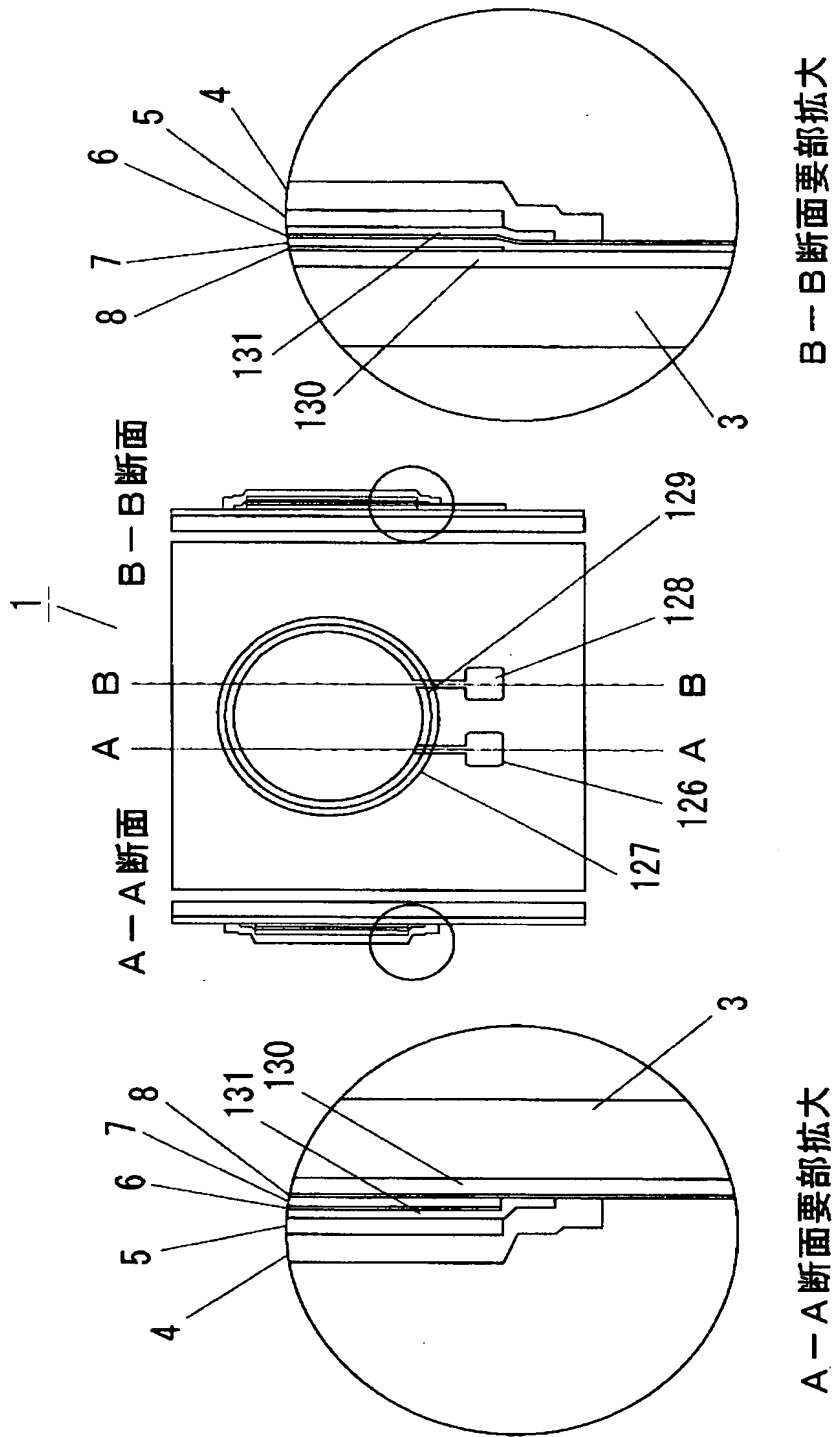
【図 21】



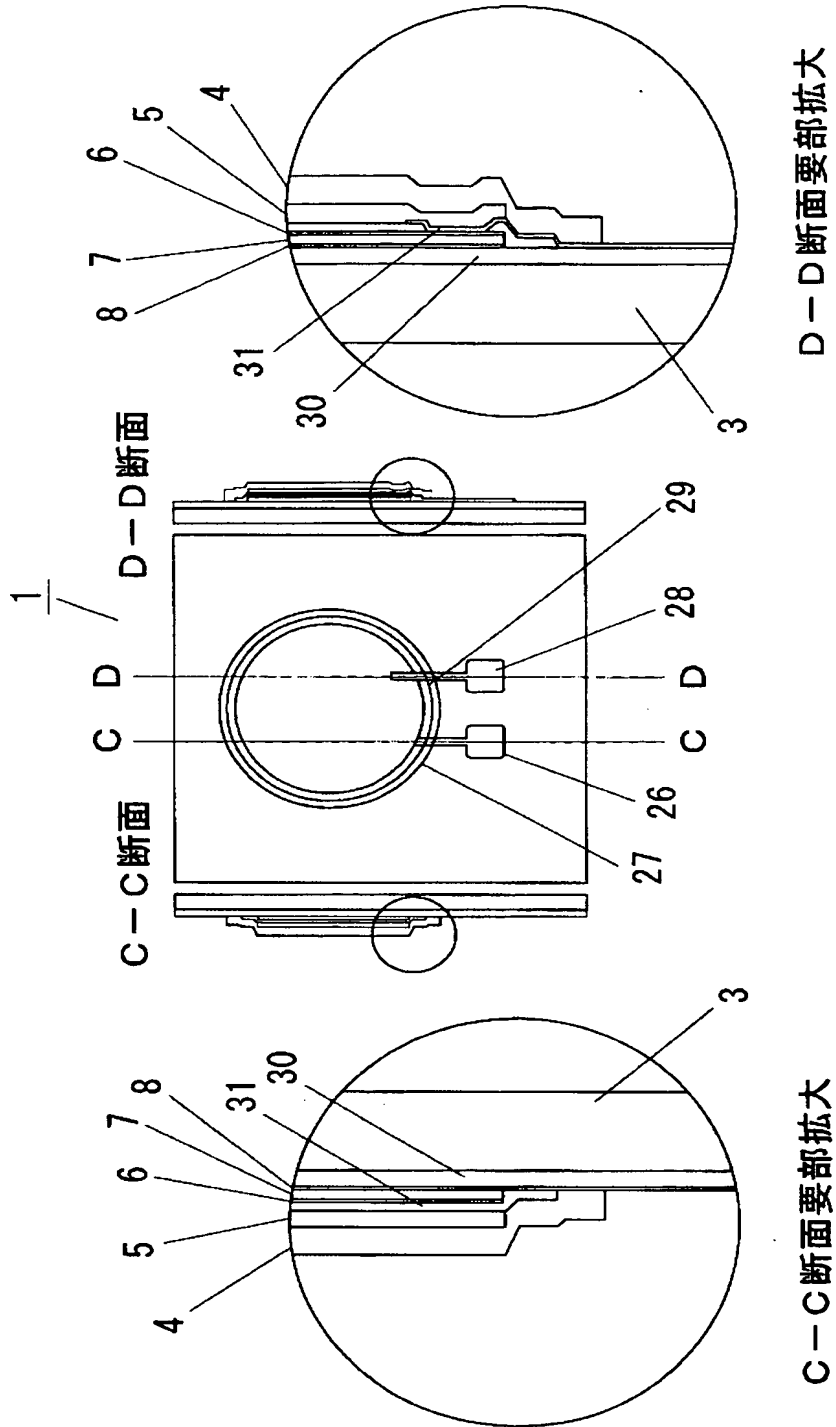
【図 22】



【図 23】

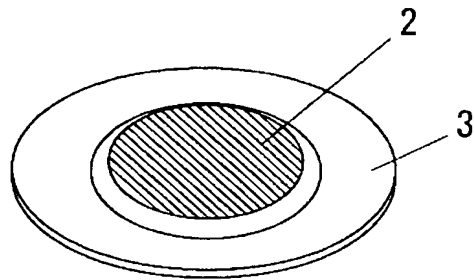


【図 24】

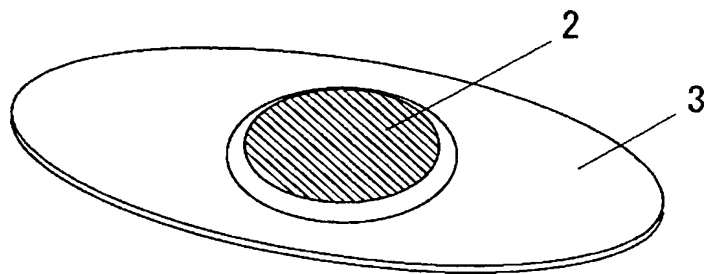


【図 25】

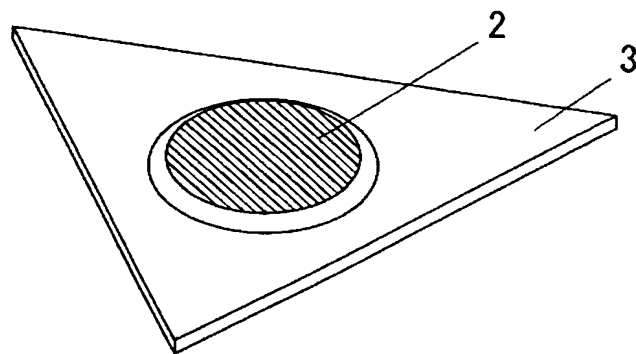
(A)



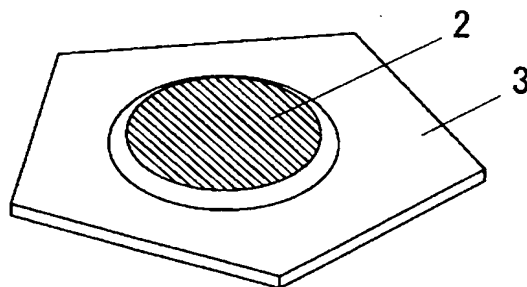
(B)



(C)

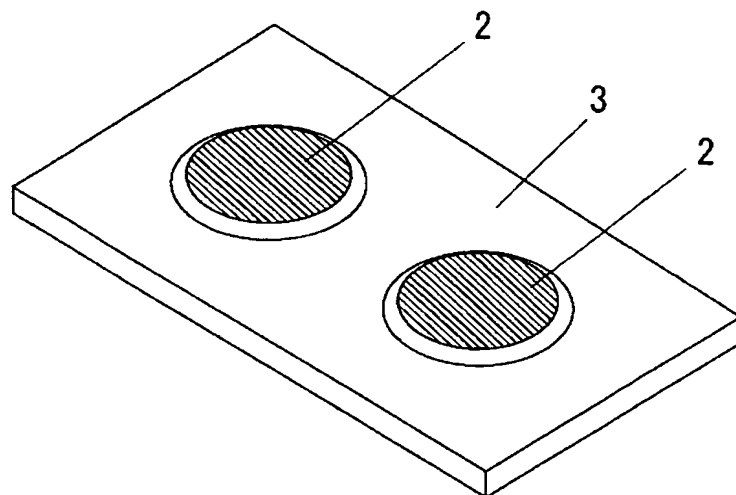


(D)

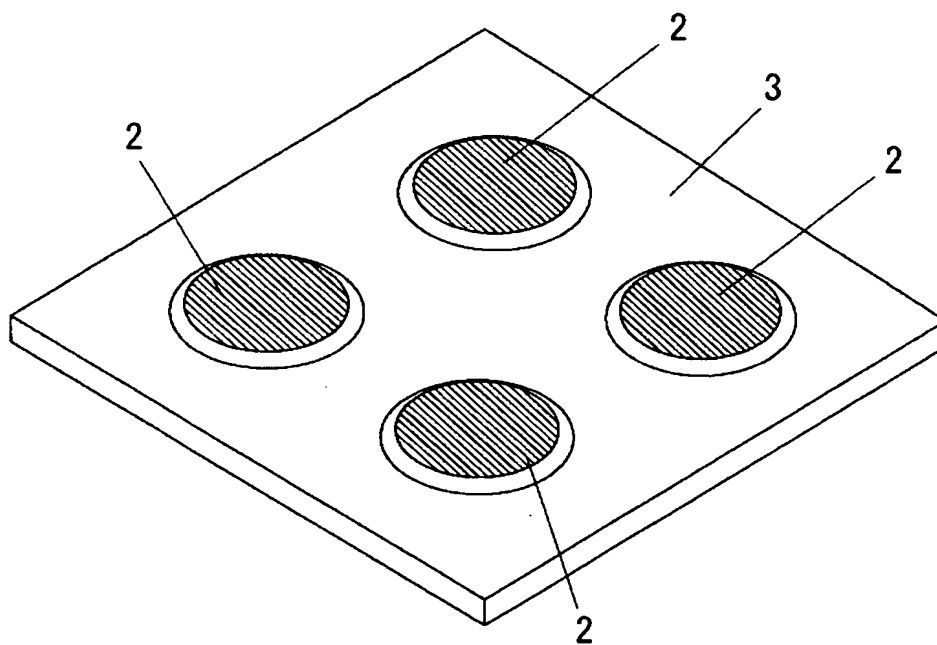


【図 26】

(A)

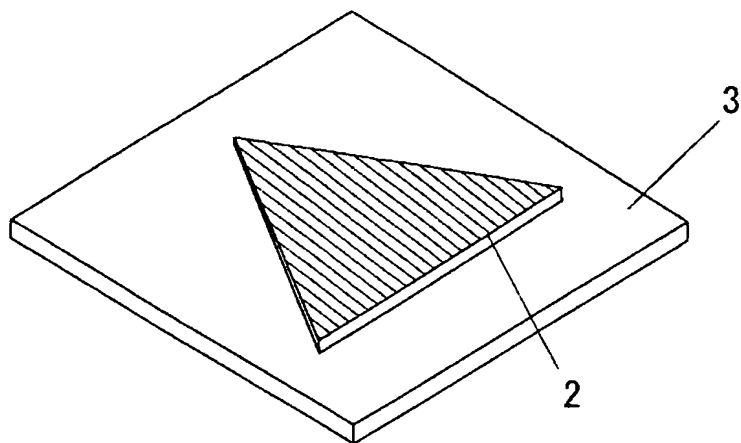


(B)

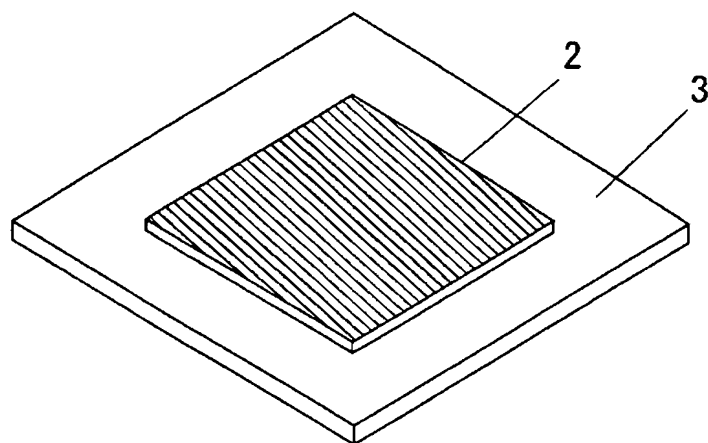


【図 27】

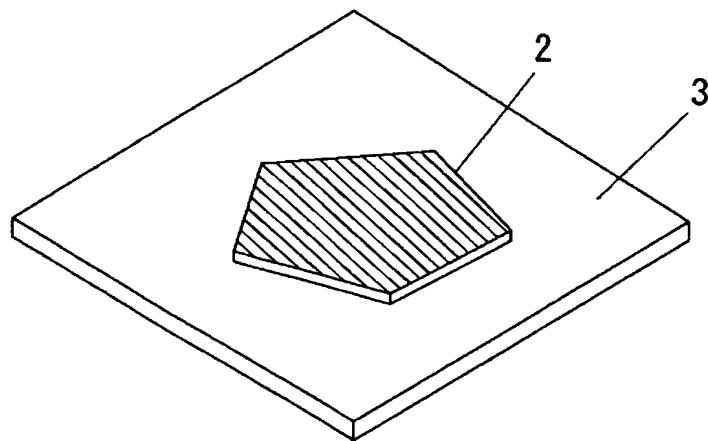
(A)



(B)



(C)



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 簡単な構成で極めて薄く、低い印加電圧でも変形量が大きい形状可変ミラー素子及び形状可変ミラーユニットを提供する。

【解決手段】 形状可変ミラー素子は、反射ミラー膜と反射ミラー膜の形状を変換する圧電膜と圧電膜の両端に所定の電圧を印加する電極膜と、所望の形状に変化せしめる弾性板膜からなる積層膜で構成される。薄い基板と積層膜で構成されているために、簡単な構成で極めて薄い素子が可能となる。従って、低い印加電圧でも変形量が大きい形状可変ミラー素子を提供できる。

【選択図】 図 1



特願 2 0 0 3 - 1 4 3 0 2 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 5 8 2 1 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地

氏 名

松下電器産業株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**